

ANNÉE 1937

THÈSE

N°

218

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

Michel DESTREICHER

Né le 27 Avril 1910, à PARIS (Seine)

Rôle et utilisation
du soleil comme agent stérilisant

Président : M. TANON, Professeur

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1937

819

ANNÉE 1937

THÈSE

N° _____

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

Michel DESTREICHER

Né le 27 Avril 1910, à PARIS (Seine)

Rôle et utilisation du soleil comme agent stérilisant

Président : M. TANON, Professeur

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1937

I. — Professeurs

Anatomie	MM.
Physiologie	ROUVIERE.
Physique médicale	Léon BINET.
Chimie médicale	STROHL.
Bactériologie	DESGREZ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	Robert DEBRE.
Pathologie médicale et générale	BRUMPT.
Pathologie médicale	BAUDOUIN.
Pathologie chirurgicale	ABRAMI.
Anatomie pathologique	CHEVASSU.
Histologie	ROUSSY.
Pharmacologie et matière médicale	CHAMPY.
Thérapeutique	TIFFENEAU.
Hygiène et médecine préventive	HARVIER.
Médecine légale	TANON.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BALTHAZARD.
	LAIGNEL.
Pathologie expérimentale et comparée	LA VASTINE
Hydrologie thérapeutique et climatologie	FIESSINGER.
	Maur. VILLARET
	LOEPER.
Clinique médicale	CARNOT.
	Marcel LABBE.
	CLERC.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEOT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNEO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GREGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
	BRINDEAU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la Tuberculose	BEZANCON.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Cardiologie clinique	LAUBRY.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.

II. — Agrégés en exercice

AMELINE	Pathologie chirurgicale.	MM.
BARIETY	Pathologie médicale.	DE GAUDART
BENARD Henri	Pathologie médicale.	D'ALLAINES
BERNARD Et.	Pathologie médicale.	DE GENNES ...
BESANCON (J.)	Hydrologie.	GAYET
BOULIN	Pathologie médicale.	GIROUD
BULLIARD	Histologie.	HAGUENEAU ...
CATHALA	Pathologie médicale.	HALPHEN ...
CHEVALLIER	Pathologie médicale.	HAZARD
COSTE	Pathologie médicale.	HUGUENIN ...
DOGNON	Physique.	JOANNON
FEY	Urologie.	LABBE Henri ..
FUNCK- BRENTANO	Pathologie chirurgicale.	LACOMME
GALLIARD	Parasitologie.	LANTUEJOL ..
GASTINEL	Bactériologie.	LAROCHE Guy.
		LELONG
		Pathologie médicale.



MM.		MM.	
LEMAIRE	Pathologie expérimentale.	PIEDELIEVRE .	Médecine légale.
LEVEUF	Pathologie chirurgicale.	PORTES	Obstétrique.
LEVY (M ^{lle} J.)..	Pharmacologie.	RENARD (L.) .	Ophtalmologie.
LEVY-VALENSI.	Neurologie et Psychiatrie	RICHET	Physiologie.
MENEGAUX ...	Pathologie chirurgicale.	SANNIE	Chimie biologique.
MOLLAPET	Pathologie médicale.	SENEQUE	Pathologie chirurgicale.
MOREAU.....	Pathologie médicale.	TROISIER	Pathologie expérimentale
MOULONGUET.	Pathologie chirurgicale.	TURPIN	Pathologie médicale.
MOUQUIN.....	Pathologie médicale.	VIGNES	Obstétrique
OBERLING	Anatomie pathologique.	WILMOTH	Pathologie chirurgicale
PETIT.....			
DUTAILLIS	Pathologie chirurgicale.		

III. — Agrégés rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM.		MM.	
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.	LEROUX	Anatomie pathologique
BUSQUET	Pharmacologie.	NEVEU.....	
CHAILLEY.....		LEMAIRE ...	Parasitologie.
BERT.....	Physiologie.	PHILIBERT ...	Bactériologie.

IV. — Agrégés chargés de cours de clinique annexe à titre permanent

MM		MM.	
ALAJOUANINE..	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale
AUBERTIN		BROCQ	
BRULE		CADENAT	
CHABROL		GATELLIER ...	
CHIRAY		HEITZ-BOYER .	
DONZELOT		MOURE	
DUVOIR.....		QUENU	
LIAN.....		SCHWARTZ	
VALLERY-RADOT		VELTER	
(Fasteur).		ECALLE	
SEZARY		GUENIOT	} Clinique obstétricale.
		LE LORIER	
		LEVY-SOLAL ..	
		METZGER	

V. — Chargés de cours

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDOUX-LEBARO	Radiologie clinique.
PHILIBERT, agrégé	Stomatologie.
RUPPE	Microbiologie.
WEIL-HALLE	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551607_0063

A LA MEMOIRE DE MON PERE

Mort pour la France

A MA MERE

A MON BEAU-PERE LE DOCTEUR JEAN WALSER

MEIS ET AMICIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR TANON

Professeur d'hygiène à la Faculté de Médecine de Paris

Conseiller technique sanitaire

au Ministère de la Santé Publique

Inspecteur général des services publics d'hygiène

de la Préfecture de police

Membre de l'Académie de Médecine

Officier de la Légion d'Honneur

Qui m'a fait l'honneur d'accepter
la présidence de cette thèse. Qu'il me
permette de le remercier et de lui té-
moigner ma respectueuse reconnais-
sance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LAUBRY
Professeur à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine
Commandeur de la Légion d'Honneur

Qu'il trouve ici le témoignage et
l'expression de ma respectueuse ad-
miration.

AU DOCTEUR JULIEN PERGOLA

Dont je garde un attachant souvenir.

AU DOCTEUR RAYMOND BENDA

Avec mon souvenir reconnaissant.

AU DOCTEUR DUJARRIER

In memoriam.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

MONSIEUR LE PROFESSEUR SERGENT
MONSIEUR LE PROFESSEUR OMBREDANNE
MONSIEUR LE DOCTEUR LOUIS RAMOND
MONSIEUR LE PROFESSEUR ABRAMI
MONSIEUR LE PROFESSEUR HARVIER
MONSIEUR LE DOCTEUR TIXIER
MONSIEUR LE PROFESSEUR GOUGEROT
MONSIEUR LE PROFESSEUR GUILLAIN
MONSIEUR LE DOCTEUR DEVRAIGNE
MONSIEUR LE PROFESSEUR LEMAITRE
MONSIEUR LE PROFESSEUR TERRIEN
MONSIEUR LE PROFESSEUR MARION
MONSIEUR LE PROFESSEUR CLAUDE

ROLE ET UTILISATION DU SOLEIL COMME AGENT STERILISANT

PREFACE

« Rôle et utilisation du soleil comme agent stérilisant » : quel curieux et intéressant sujet ! Lorsque M. le Professeur TANON a bien voulu nous le proposer, nous ne nous attendions pas à y trouver une telle richesse de documents, ni des applications pratiques aussi étonnantes que celles auxquelles nous consacrons la deuxième partie de ce travail.

Nous pensions faire une somme de connaissances médicales sur la physiologie du corps humain soumis à l'action du soleil, dans ses rapports avec le monde bactérien. En fait, nous nous sommes rendu compte que cette voie était assez étroite et brève et nous nous sommes consacrés surtout à des questions purement hygiéniques. Encore est-ce dans les applications tout à fait indirectes, artificielles, telles que la purification des eaux potables, que nous avons trouvé les domaines les plus intéressants et les plus neufs, qui méritaient d'être présentés d'une manière synthétique au monde médical. Ce changement progressif d'orientation de notre esprit n'a pas été, d'ailleurs, sans accroître grandement nos propres connaissances sur tout ce qui concerne l'héliothérapie et la climatologie. Mais nous pensons que si cette thèse doit rendre quelques services au corps médical français, c'est surtout en lui montrant les possibilités pratiques de réaliser la stérilisation et la purification des eaux par le soleil. Est-il besoin de dire que ce do-

maine des eaux potables est d'une importance primordiale dans l'hygiène en général et dans les préoccupations pratiques des médecins hygiénistes, par exemple dans les problèmes qui peuvent leur être soumis, soit en France, soit dans les colonies ?

Aussi les autres considérations sont-elles plutôt un rappel, un complément, et des indications utiles, tandis que la partie hydrologique constitue le pivot, le but majeur de cette thèse.

Qu'il nous soit permis de rendre hommage à M. le Professeur TANON de nous avoir engagés dans cette voie si intéressante. Nous avons toujours trouvé auprès de lui l'accueil le plus bienveillant, et ses conseils et ses livres nous ont été d'un grand secours dans le développement et l'orientation de ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier M. le Docteur Jules RICHARD, directeur de l'Institut Océanographique de Monaco, pour les renseignements qu'il nous a si obligeamment communiqués, et pour avoir bien voulu nous laisser reproduire ses schémas et ses photos se rapportant aux châssis distillateurs.

PREMIERE PARTIE

**HYGIENE ET THERAPEUTIQUE
PAR STERILISATION SOLAIRE**

CHAPITRE PREMIER

LES DONNEES DU LABORATOIRE SUR L'ACTION BACTERICIDE DU SOLEIL

Au début de cette étude, nous croyons bon de rappeler les premières recherches qui ont été effectuées sur le pouvoir toxique du soleil vis-à-vis des bactéries.

Dès le début de la bactériologie, la notion d'un pouvoir microbicide du soleil est apparue.

On s'est d'abord rendu compte qu'il y avait des espèces phototropes négatives en très grand nombre, mais qu'il y avait aussi des espèces phototropes positives. Cet effet de la lumière peut s'expliquer après coup par une activation thermique de la vie du microbe. Activation qui est très limitée puisque dès que la température dépasse un certain degré ou que l'action de la lumière se prolonge, ces bactéries sont tuées.

DOWNES et BLUNT avaient déjà signalé que la stérilisation des cultures est plus rapide lorsque l'air et l'oxygène sont en contact avec les germes. Or, on peut penser que la stérilisation par la lumière procède par oxydation intense des cellules. KOTLIAR et KRUSE ont montré que les radiations rouges, qui sont essentiellement calorifiques, semblent favoriser le développement des microbes et que, au contraire, les rayons violets, qui sont très actiniques, ont un effet retardant.

CHATAIN et NICOLAU estiment qu'il n'y a pas d'espèce bactérienne qui puisse résister à l'action stérilisante de la lumière si celle-ci est assez intense et maintenue pendant un temps suffisant.

ARLOING et ROUX ont montré que la bactériodie char-

bonneuse et même sa spore sont tuées en quelques heures par la lumière.

BUCHNER et KRAUSE ont ensuite montré que le vibrion cholérique, le staphylocoque, le colibacille et le bacille d'Eberth, meurent après deux heures d'exposition au soleil.

ROUX, YERSIN et KITASATO, au cours de leurs recherches sur la peste se sont rendu compte que le microbe pathogène était tué dans les mêmes conditions en 3 à 5 heures.

LESIEWE et LEGRAND, dans une série d'expériences sur le bacille de Koch, ont montré que celui-ci était tué en une demi-heure s'il était déposé à sec sur une lame de verre, en deux heures s'il était en culture sur bouillon glyciné, en 5 à 6 jours à la lumière diffuse, et qu'il disparaissait en 22 jours à l'abri de la lumière.

L'ensemble de ces travaux prouve de toute évidence que le soleil à une action mundatrice énorme à la surface de la terre en détruisant rapidement la plupart des germes infectieux qui s'attaquent à l'homme et aux animaux, en particulier, tous les saprophytes banaux, agents des suppurations, le bacille de Koch qui est un des agents pathogènes les plus redoutables pour l'homme jusqu'à présent, tant par la variété des affections qu'il produit que par le nombre des êtres qu'il atteint, et certains microbes qui sont à la base des grands fléaux de l'humanité, tels que la peste et le choléra.

La plupart de ces microbes ne se transmettent d'ailleurs que par des milieux aqueux : contact humide, crachats, eaux polluées ; seuls quelques microbes complètement adaptés à la vie parasitaire, comme le gonocoque, meurent pour ainsi dire dès qu'ils sont sortis de l'organisme qu'ils infectent.

Par contre, on voit le streptocoque, qui résiste dix minutes à 54°, être tué en 4 jours par la lumière solaire, ce qui est assez long. De même, le pneumocoque est inactif après 30 heures d'exposition.

Le cas le plus intéressant pour l'hygiène actuelle, et en particulier, l'hygiène des grandes villes, est incontestablement celui du bacille de Koch. En effet, 10 minutes

suffisent souvent pour le tuer au soleil, et c'est pourquoi la campagne, quelle qu'elle soit est, toujours plus saine que la ville.

C'est ainsi qu'on peut voir des tuberculeux manifestes se maintenir et arriver à un âge avancé en faisant le métier de cultivateur. Qu'importe en effet s'ils vident une caverne sur le sol de leur champ ? et d'autre part leur nourriture abondante et surtout végétarienne leur fournit le calcium qui leur permettra de calcifier leurs lésions.

De telles connaissances peuvent être mises à profit d'une manière directe et constituent un moyen de fortune très appréciable pour désinfecter le linge, en particulier, dans des conditions anormales et souvent héroïques, comme pendant la guerre.

Cette exposition des vêtements à la lumière constitue même un véritable épouillage comme le rappelle si justement M. le Professeur TANON dans son cours d'hygiène.

Toutefois il ne faut rien exagérer : si *l'épouillage* par le soleil est une ressource offerte aux soldats, faute de moyens plus puissants, il n'en reste pas moins que cette *désinsectisation* s'applique surtout aux poux et que la destruction des *punaïses*, dans les *locaux militaires*, en particulier, est un problème différent, qui ne peut être résolu sérieusement que par l'usage de la chloro-pierine, comme l'ont montré encore tout récemment, à la suite des travaux de Gabriel BERTRAND, MM. Yves RAOUL et le Médecin capitaine GOUNELLE.

Pour ce qui est du mécanisme de cette stérilisation nous avons quelques doutes sur l'idée émise par certains, que ce seraient vraiment les propriétés de la lumière en tant que telle qui seraient en cause lorsqu'il s'agit de l'exposition au soleil.

Dans ce cas, en effet, l'élévation de la température est loin d'être négligeable : un corps bon conducteur (métallique) ou mauvais conducteur (bois) de la chaleur s'échauffe rapidement sous une insolation directe, au point qu'on est parfois surpris quand on vient le saisir à nouveau. Or, le bacille de Koch, entre autres, est tué par une température de 55° prolongée pendant

4 heures. Ceci ne retire rien, bien au contraire, de l'heureuse influence bactéricide du soleil, mais fait comprendre que si nous employons des radiations artificielles, il nous faut distinguer nettement les effets énergétiques que nous voulons obtenir.

C'est d'ARSONVAL, CHARRIN et JANOWSKI qui ont démontré que c'était surtout les ultra-violets qui étaient des agents stérilisants par la nature même de leurs radiations et non pas par l'élévation thermique du milieu ambiant.

En tout cas, exposés à la lumière, les microbes pathogènes perdent de leur virulence, les toxines sont atténuées ou détruites, tandis que les anticorps sont indemnes. A nous de savoir utiliser ces admirables propriétés de la lumière et de notre grand luminaire, le Soleil.

CHAPITRE II

ROLE DU SOLEIL DANS L'HYGIENE HUMAINE

Etant donné ce que nous venons de voir, il est évident, et c'est là une des grandes découvertes de la fin du siècle dernier, que le soleil joue un rôle prépondérant dans l'hygiène de l'homme : hygiène individuelle, hygiène domestique, hygiène des collectivités.

Mais, pour comprendre ce rôle, il n'est peut-être pas inutile d'envisager certaines lois fondamentales de la biologie humaine et terrestre.

Pour bien comprendre cette action du soleil sur le corps humain et le milieu biologique humain, telle qu'elle est utilisée dans l'hélioprophyllaxie ou l'héliothérapie, pour la connaître vraiment d'une manière synthétique, il faut se représenter à la base une combinaison de deux grandes lois fondamentales.

La première n'est autre que la loi du déplacement de l'équilibre. Telle qu'elle a été annoncée par LECHATELLIER pour les réactions chimiques (nous pouvons dire : pour le monde minéral), nous pouvons l'étendre, par une sorte d'extrapolation justifiable, au monde vivant qui, en dépit du faciès très particulier qu'il présente à nos yeux et qui semble l'opposer profondément au monde minéral, n'est qu'une partie de ce Tout qui constitue l'Univers.

Il y a des lois qui sont universelles; les mécanismes, si l'on peut dire, par lesquels elles s'appliquent varient légèrement d'après les entités premières que l'on envisage; mais en regardant au fond des choses, on finit toujours par les retrouver. Telle est en particulier cette loi

dite « du déplacement de l'équilibre » et que l'on pourrait appeler tout simplement : loi de l'équilibre. Elle consiste en ceci, que toutes les fois qu'une force, quelle que soit sa nature ou sa puissance, agit sur un système de corps chimiques qui est en équilibre dans des conditions déterminées, cet équilibre se déplace de telle manière que l'effet obtenu s'oppose à la variation qui le produit : en augmentant la pression, il se forme des composés nouveaux de volume moindre. Eh bien, qu'est-ce qu'un organisme vivant, si ce n'est un système de corps chimiques en équilibre ? et quelle différence a-t-il avec un monde minéral, si ce n'est que ce système est extrêmement complexe et formé de corps presque uniquement métastables, et que tous les éléments de ce système sont réunis solidement par un lien mystérieux que nous appelons la Vie, qui coordonne toutes les variations partielles ?

Or, le soleil représente la ou les forces physico-chimiques les plus importantes et les plus actives vis-à-vis des organismes terrestres, et humains en particulier.

Nous pouvons donc prévoir *a priori*, et nous constatons *a posteriori*, que toutes les fois que nous faisons subir à un corps humain l'action directe du soleil, ce corps humain réagit profondément et qu'il est le siège de transformations qui ont pour but de défendre l'organisme en utilisant au mieux l'énergie nouvelle qui lui est ainsi offerte. Il y a là tout simplement adaptation, c'est-à-dire déplacement complexe de l'équilibre de l'organisme, mais il faut se représenter que la force envisagée étant importante vis-à-vis de l'être humain, la réaction adaptative est aussi très importante et très profonde, au point que nous ne pourrions en donner que les grandes lignes.

La deuxième loi que nous devons envisager, conjointement à la première et qui n'est, comme toutes les lois, qu'un point de vue arbitraire établi en face d'un complexe de phénomènes solidaires les uns des autres, c'est que le soleil est la véritable source d'énergie active de tous les êtres vivants terrestres, tels que nous les concevons, c'est-à-dire dont la structure chimique repose essentiellement sur l'usage du carbone.

Il n'en serait d'ailleurs peut-être pas autrement si la

biologie des êtres terrestres comportait une de ces chimies de complexes à base d'étain, de platine, de cobalt, de silicium, etc..., que nous commençons depuis quelques années à découvrir et qui permettent de concevoir la Vie dans des conditions tout à fait différentes des nôtres. En effet, ce n'est qu'une question de température moyenne. Notre chimie biologique est une chimie du carbone parce que c'est aux températures normales de la surface de la terre (actuellement) que cet élément présente le maximum de possibilités de combinaisons métastables.

Il suffirait de se déplacer dans l'échelle des températures pour pouvoir établir toute une chimie biologique, à base d'autres éléments, comme ceux que nous venons de citer et, à première vue, il semble que presque tous les éléments actuellement connus puissent jouer un tel rôle. Il y a donc, peut-être, dans les planètes surchauffées, les astres encore incandescents, voire même des corps célestes comme les comètes, des êtres vivants et des mondes vivants analogues au nôtre. Peut-être ceci a-t-il eu lieu déjà tout au long des différentes phases de formation et de consolidation de la terre jusqu'à ce qu'elle ait une atmosphère humide suffisamment riche en oxygène et acide carbonique et à une température de 38°, au moins dans une certaine zone : conditions premières de naissance de la vie carbonée telle que nous la connaissons.

Mais, comme on le voit, ces considérations ne font que déplacer le problème sans le changer, et il s'agit encore du soleil comme source d'énergie, avec cette restriction d'envisager parfois l'astre porteur au même titre que l'astre incandescent central dont il peut dépendre.

Actuellement, au contraire, le rôle de la chaleur et des émanations terrestres sur les êtres vivants, bien qu'il soit loin d'être négligeable, passe nettement au second plan en comparaison du soleil, surtout si l'on envisage les sources énergétiques de la vie terrestre.

Il est banal de rappeler le rôle de la lumière solaire dans la construction des glucides par les végétaux à chlorophylle et de montrer que presque tous les êtres non chlorophylliens s'alimentent essentiellement en énergie aux dépens des végétaux verts, mais ceci intéresse l'orga-

nisme humain au point de la combustion lente et du renouvellement chimique de ses tissus, et c'est surtout au point de vue des conditions extérieures de vie créée par le soleil que nous nous plaçons ici.

Ces conditions, qui sont celles que nous constatons et étudions à la surface de la croûte terrestre, montrent qu'en chaque point de l'espace et par conséquent pour chaque organisme qui s'y trouve, il y a un équilibre tel que le soleil constitue à lui seul toutes les limites et possibilités vitales en ce point. Nous voulons dire par là que le soleil est à la fois la source directe du développement des êtres vivants et la limite à ce développement. Ceci, qui est vrai pour tous les organismes, est particulièrement opérant à nos yeux en ce qui concerne le monde microbien, en dépit de toutes les adaptations imaginables et de toutes celles qu'utilisent ces êtres et que nous ne pouvons imaginer. Il est de fait que la vie microbienne commence à se manifester à partir de 0° et qu'elle cesse pratiquement vers 50°.

Il en est d'ailleurs de même pour l'ensemble des métazoaires poïkilothermes.

Ce qui fait l'intérêt du point de vue que nous adoptons dans ce travail, c'est qu'il consiste à rechercher pour l'homme des conditions solaires telles que l'organisme humain s'y adapte, et même en profite directement ou indirectement, alors que la limite d'adaptation du monde *microbien* est atteinte. Mais il fait sentir que, puisque les deux font partie du même type de monde vivant, puisqu'ils ont une chimie à base de carbone, les limites sont en principe les mêmes pour tous les deux et les différences relativement faibles : elles tiennent surtout dans le fait que l'homme est homéotherme, possédant toutes sortes de mécanismes physiologiques, qui lui permettent de neutraliser et d'utiliser la chaleur solaire. Mais on voit en même temps, que dans les limites où l'action solaire est microbicide, les réactions proprement physiologiques de l'organisme humain, surtout s'il est directement en cause, sont tellement importantes par elles-mêmes qu'elles masquent souvent ou font passer au second plan les bénéfices que peut retirer l'être humain, au mê-

me moment, de cette action microbicide. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de le rappeler plusieurs fois au cours de ce travail.

Nous pouvons même dire que c'est là la cause de ce que les utilisations indirectes du pouvoir stérilisant du soleil, telle que la purification des eaux, sont probablement au moins aussi fécondes, si elles sont moins variées, que les utilisations directes relevant de l'exposition du corps au soleil, et c'est pourquoi, tout en ménageant à ces dernières la place qui leur est due, nous donnons large place aux premières dans notre travail.

Mais, si nous envisageons au contraire les applications hygiéniques, il nous faut évidemment prendre le soleil en bloc, c'est-à-dire avec tous ses effets et, s'il est vrai que son action bactéricide cède probablement le pas sur les actions physiologiques directes, lorsqu'il s'agit de l'hygiène individuelle et de l'hélioprophylaxie, il est du moins certain que dans l'hygiène domestique et l'hygiène des collectivités, il joue un rôle bactéricide très important, un rôle d'assainissement de l'air, de l'eau, des parois, des habitations et de tous les objets en général.

Pour l'air, il suffit de rappeler que, précisément, en haute montagne, là où les rayons ultra-violets, entre autres, agissent avec particulièrement d'intensité, et, d'une manière générale, partout où l'insolation est forte, sans qu'il y ait d'écran nuageux interposé, l'air est particulièrement pur; et il est banal de nos jours d'utiliser cette propriété à des fins thérapeutiques ou prophylactiques.

Dans les villes précisément, cette action qui porte sur presque tous les microbes, tous les saprophytes banaux, les cocci, le bacille de Koch, etc., est limitée du fait des brumes qui recouvrent souvent les fonds de vallées, où sont généralement situées les grandes villes. A cela s'ajoute la prise en charge par ces brumes de toutes les poussières, industrielles et autres, qui émanent d'une ville tant soit peu industrielle, et qui forment un écran opaque aux radiations solaires; ceci fait perdre la plus grande partie du bénéfice de l'action solaire, surtout, justement, au point de vue microbicide, dans tout ce qui concerne la stérilisation naturelle des poussières du sol

et des habitations et de tous les excréts du milieu biologique humain : crachats, ordures ménagères, déjections, etc...

A plus forte raison, la stérilisation des eaux par le soleil est-elle insignifiante dans ces conditions. D'ailleurs l'alimentation en eau potable d'une grande ville est hors de cause.

D'autre part, on cherche à lutter contre la poussière et les saletés du sol par des lavages et des nettoyages à grande eau qui, dans les grandes villes, tout au moins, sont assez bien organisés.

C'est plutôt dans les campagnes qu'il faut voir l'action importante du soleil comme agent stérilisant sur les eaux superficielles.

Pour ce qui est des eaux potables, c'est plutôt par filtration dans des couches sableuses, par exemple, qu'elles se purifient de leurs microbes.

Le cas qui se pose surtout à l'hygiéniste au point de vue des eaux est celui d'utilisation hâtive de petites quantités d'eau, dans des cas de sécheresse excessive et de soif intense, de la part d'individus isolés, ou parfois de petites collectivités. C'est dans ce cas que les châssis WILSON, dont nous parlons plus loin, apportent des remèdes merveilleux, car il est bien certain qu'une eau de mare, même dans les pays tropicaux, est toujours extrêmement polluée, car l'action du soleil est arrêtée à la surface de l'eau par toutes sortes de petites particules en suspension.

Le problème de l'insolation des habitations humaines commence à occuper sérieusement les constructeurs.

Tandis qu'avant on n'hésitait pas à restreindre le nombre et la dimension des fenêtres des habitations, soit pour se protéger des voleurs, soit pour se protéger de l'impôt, on commence de nos jours à construire des maisons de plus en plus aérées, de mieux en mieux exposées au soleil, avec de larges baies apportant la lumière partout, et même à l'intérieur des maisons, par des artifices dont nous parlerons plus loin.

Cette augmentation de surface vitrée, par exemple, ne va pas sans certains inconvénients secondaires : ainsi

le chauffage, qui n'est jamais négligeable en hiver, en France, même dans les régions du Midi. On peut, il est vrai, mettre des doubles fenêtres, mais le prix de revient augmente, la commodité diminue, l'entretien est plus difficile, et le verre arrêtant une grande partie des radiations, précisément celles qui sont les plus microbicides, on ne voit pas bien l'intérêt que cette solution pourrait présenter, tout au moins à notre point de vue.

Il existe une autre solution : c'est le chauffage central, dont la technique a fait des progrès considérables dans ces dernières années. Mais, là encore, au minimum, on a des frais d'entretien qui sont loin d'être négligeables, sous forme de charbon, pour combattre la perte de chaleur par les grandes baies.

Il semble préférable, tout en faisant de larges fenêtres, de ne pas exagérer dans ce sens, mais plutôt *d'utiliser au mieux le soleil* en adoptant les murs blancs qui réfléchissent la lumière partout, et des dispositions ingénieuses, comme celles auxquelles nous consacrons une page, plus loin, pour apporter le soleil jusque dans les parties les plus profondes des maisons, qui en sont privées encore aujourd'hui dans la plupart des cas.

De nos jours, les populations urbaines commencent à comprendre le danger qu'elles courent du fait de la très mauvaise utilisation du soleil dans les villes. De plus en plus, elles ont recours à la campagne, à la montagne ou à la mer, ne serait-ce que quelques semaines par an, en été, pour faire ce qui devrait toujours être une vraie cure de soleil et de bon air.

Sous ce rapport, il y a encore bien du travail pour les hygiénistes et les médecins. Tout un travail d'éducation des populations, d'une part, et tout un rôle actif direct du médecin pour fixer, ainsi qu'il est nécessaire pour les non-initiés, la posologie solaire.

Nous ne saurions trop louer ceux qui, précisément, par un travail intelligent s'initient, et nous pensons particulièrement aux vrais nudistes (ils sont encore rares) et à cette excellente organisation, chaque jour plus étendue, du scoutisme. C'est sous cette forme plutôt que la bonne prophylaxie du soleil tend à se répandre dans les

jeunes couches de la population actuelle, et elle y fait certainement de très grands progrès.

A la fin de ce chapitre, nous ne saurions trop recommander, pour l'intelligence de ces questions, la lecture d'ouvrages excellents comme ceux de M. le Professeur TANON, et ceux du Docteur FOUGERAT DE DAVID DE LASTOURS, *L'Homme et la Lumière et Hygiène, Nudité, Soleil aux Colonies*.

CHAPITRE III

ACTION DU SOLEIL SUR LE CORPS HUMAIN EN TANT QU'AGENT STERILISANT

Le point de vue que nous envisageons ici résulte de l'application du cadre de notre sujet à un domaine infiniment plus vaste, qui peut se résumer d'un mot alors qu'il est devenu un monde : l'Héliothérapie. Un monde, disons-nous ; en effet, il y a une telle quantité de références princeps, même au point de vue qui nous intéresse, que nous avons dû renoncer à notre première intention, qui était de donner une bibliographie complète de cette partie, bibliographie qui aurait pu servir à d'autres médecins, même pour d'autres sujets que le nôtre. Nos recherches nous ont montré toute la difficulté d'un tel projet et nous pensons que vraiment, désormais, la connaissance détaillée de toutes les publications ayant trait à l'héliothérapie ne peut être envisagée que par des spécialistes.

Nous nous contenterons donc d'indiquer un certain nombre de bons ouvrages récents, représentant sensiblement la synthèse de toutes nos connaissances sur tel ou tel chapitre de l'héliothérapie.

C'est ainsi que nous recommanderons, d'une part, le fondamental « *Traité de Climatologie et Biologie médicale* », de PIÉRY (Masson, 1935). D'autre part, pour le chapitre si important des accidents et maladies causés par la lumière, le livre de MM. H. JAUSION et F. PAGÈS : « *Les Maladies de la Lumière* » (Masson, 1933) ; au point de vue de la Prophylaxie Solaire, le *Traité d'Hygiène* de M. le Professeur TANON et les livres du Docteur FOUGE-

RAT DE DAVID DE LASTOURS « *L'Homme et la Lumière* » (Th., Paris 1925) et *Hygiène, Nudité, Soleil aux Colonies*, Vigot (1931).

Pour la partie physiologique, le tome X du *Dictionnaire de Physiologie* (Alcan 1928), partie rédigée par Ch. RICHET, et le travail très personnel d'Auguste LUMIÈRE sur « *La Physiologie solaire* » (Léon Sézanne, Lyon 1934) ; pour l'étude des différentes radiations, et en particulier des ultra-violets, le petit manuel d'Henri DAUSSET sur « *l'Héliothérapie* » (Gauthier-Villars 1932), les trois monographies des frères BIANCANI, sur les divers rayons (*Ultra-violets, Lumineux, Infra-rouges*), (1928-1929-1932, chez Gauthier-Villars), l'important travail de J. SAIDMANN (Doin) sur *Les rayons Ultra-violets* ; le livre classique de A. C. GUILLAUME sur « *Les Radiations Lumineuses* » (Masson) ; enfin, les travaux et ouvrages d'Armand DELILLE sur « *L'Hygiène et la Prévention pédiatriques solaires* » et sur « *Le Rachitisme* ». Pour avoir une vue d'ensemble de toutes les applications thérapeutiques du soleil, nous ne saurions trop recommander l'excellent livre publié tout récemment par ROLLIER : « *La cure de soleil* » (Baillière 1936) ; ce livre est tellement adéquat au but qu'il se propose, que nous ne saurions exposer le même sujet sans le citer page par page.

Mais si nous examinons maintenant les applications thérapeutiques dans lesquelles l'action du soleil a été interprétée comme une action stérilisante, nous voyons que, tout compte fait, elles ne sont pas nombreuses. C'est ainsi que les premiers résultats obtenus par FINSSEN sur les tuberculoses cutanées ont amené le traitement héliothérapique des tuberculoses osseuses (mal de Pott, tumeurs blanches, ostéites variées et leurs complications : abcès froids, fistules, etc...) qui ont été le fruit de l'effort de PONCET, de CALLOT de BERCK, de ROLLIER et leurs élèves.

Ont été traitées encore de cette manière les tuberculoses ganglionnaires et de certains organes profonds : tuberculose péritonéale, rénale, génitale, laryngée, où l'héliothérapie est définitivement acceptée, tandis que l'adénopathie trachéo-bronchique des enfants, le rachi-

tisme, les retards de croissance, étaient l'objet des recherches et des publications marquantes de M. Armand DELILLE et de beaucoup d'autres pédiâtres.

Mais, si l'on considère, d'une part, l'atténuation considérable des radiations les plus bactéricides dès qu'elles pénètrent dans la peau et, d'autre part, les effets physiologiques, locaux ou généraux, mais toujours très notables, que subit le corps humain exposé au soleil, on se rend compte que c'est seulement dans le cas où les bacilles sont localisés tout à fait à la surface du corps qu'on peut vraiment parler d'une action bactéricide. En effet, pour les tuberculoses profondes, comment admettre que la lumière et, en particulier, les ultra-violets, aient une action sur les bacilles inclus dans le tissu osseux ? On peut envisager, cependant, la possibilité d'une atténuation, par la lumière, de la virulence de quelques bacilles seulement qui se trouveraient normalement ou accidentellement dans la région cutanée du corps, et que ces bacilles atténués seraient le point de départ d'une réaction victorieuse de l'organisme contre l'envahisseur. Mais, d'une part, ce n'est là qu'une hypothèse extrêmement délicate à vérifier, d'autre part, nous rentrons là dans un domaine physiologique où il est difficile de distinguer la part qui revient à la physiologie du bacille et celle qui revient à la physiologie de l'organisme porteur. En particulier, le soleil provoque sur l'organisme humain deux actions essentielles : primo, par suite de l'effet purement thermique, il provoque une activation *mécanique* du métabolisme et une augmentation du trophisme ; secundo, par l'action de certaines radiations, il provoque une activation *chimique* de l'organisme en permettant la constitution ou le développement de ces merveilleux catalyseurs que sont les pigments, comme nous voyons les stéroïls fournir, par l'action des rayons ultra-violets, au moins une vitamine, la vitamine D.

Sachant, d'autre part, que les vitamines sont essentiellement les catalyseurs qui règlent certaines parties du métabolisme, nous pouvons penser que le soleil est la source indirecte, par transformation chimique, de la plu-

part de ces substances qui semblent régler l'équilibre de l'organisme par voie humorale.

Le soleil, avons-nous dit, est la source essentielle d'énergie des êtres vivants. Si cette énergie est mise en défaut, ou point de laisser l'organisme impuissant devant une invasion d'organismes étrangers, il est tout naturel qu'on fasse appel au soleil pour remettre les choses en ordre : celui-ci, non content de donner des calories, provoquera une sorte d'accumulation convenablement dirigée de son énergie par la formation de tous ces catalyseurs, vitamines et pigments.

Précisément, nous savons que si beaucoup de bactéries succombent à l'action directe des rayons solaires, ce qui n'atteint pas ou très peu les bactéries incluses dans l'organisme humain, par contre, leur action est amoindrie par l'accroissement de résistance de l'organisme (allergie), et leurs sécrétions (toxines microbiennes) sont physiologiquement annulées.

D'autre part, les toxines elles-mêmes sont très fortement atteintes par le soleil, et comme ces toxines peuvent se répandre dans tout l'organisme, elles peuvent, en particulier arriver à la peau, surtout s'il y a, dans cette région, un trophisme accru, un appel des humeurs de l'organisme par l'effet de la vaso-dilatation d'origine thermique. C'est ainsi que la tuberculine irradiée perd ses propriétés morbides en quelques heures d'exposition solaire ou même aux ultra-violets.

Que reste-t-il donc, parmi les applications de l'héliothérapie hygiénique ou proprement thérapeutique, qui relève réellement d'une action stérilisante du soleil ?

Il reste le traitement d'affections microbiennes de la peau : les travaux de FINSSEN sur le lupus sont classiques. Les guérisons qu'on obtient par le soleil dans les tuberculoses dites externes sont parmi les plus belles qu'on puisse voir en aucune maladie. « Sol est remediorum maximum », disait PLINÉ l'Ancien.

D'autre part, seule l'héliothérapie prolongée semble venir à bout du psoriasis : alors que les rayons ultra-violets ne le font que blanchir et le laissent récidiver, un grand psoriasis diffus est blanchi en un mois de soleil,

à la dose de deux séances par jour et *guéri* en trois mois.

Mais ce sont toutes les suppurations ou infections banales dûes à des bactéries communes et fragiles à l'air et à la lumière, tels que le staphylocoque, le streptocoque, le colibacille et le bacille d'Eberth, qui sont particulièrement justiciables du traitement héliothérapique, du moment qu'ils sont accessibles au soleil. Ceci est à rapprocher de l'influence cicatrisante du soleil sur les plaies superficielles ou profondes, qui a été révélée au cours de la dernière guerre et si utilement mise à profit depuis lors.

Dans l'ensemble, on voit que les applications du soleil, même au point de vue thérapeutique, et en tant qu'agent stérilisant, ne sont pas négligeables, mais toute médaille a son revers, et il nous faut dire deux mots ici des maladies causées par la lumière. Nous n'insisterons pas sur la question déjà tant de fois traitée du coup de soleil, c'est-à-dire de l'injure lumineuse, qui résulte d'une trop longue exposition, ainsi que l'héliocution (SAÏDMAN) des sujets non entraînés ou trop peu résistants. Nous rappellerons simplement que, tandis qu'au Pôle Nord, le coup de soleil devient une actinite pure, « un coup de lumière », à l'équateur ou sous les tropiques le « coup de chaleur » prédomine nettement, et que dans les régions tempérées, le coup de soleil est un mélange inégal, suivant le climat, la saison et l'altitude correctrice, du coup de lumière et du coup de chaleur. Il se traduit, il est vrai, le plus souvent par une résultante d'actinite, mais la composante calorique n'en détermine pas moins les réactions du premier instant.

D'autre part, le dommage lumineux dont la peau réfléchit la plus grande part, n'est pas sans intéresser les tissus profonds. Sans doute, en raison de cette hémopathie discrète qu'a dénoncé JOLLY après l'irradiation ultra-violette, fait-il fléchir les défenses de l'organisme contre les microbes ; d'où les faits d'exaltation qu'en accord avec MILIAN, JAUSION et PAGÈS ont appelé le photobiotropisme.

C'est ainsi que des microbes jusque là saprophytes ou pathogènes éteints peuvent voir leur virulence réveil-

lée, et certains furoncles, impétigos, herpès, fièvres éruptives, acnés, paraissent sourdre à l'issu de brèves expositions au soleil. Il en va de même de certaines tuberculoses cutanées, ganglionnaires ou viscérales, qu'aggrave une insolation trop brusque. En général, il suffit de persévérer avec précaution pour avoir raison des virus même après un réveil provoqué par une première application de la lumière.

En ce qui concerne particulièrement la tuberculose, il y a eu une grande confusion venant de l'extension à priori à la thérapeutique de cette propriété biologique bien établie de l'action microbicide de la lumière et particulièrement du soleil sur le bacille de Koch. « Puisque la tuberculose est une maladie de l'obscurité, l'exposition au soleil devrait être la thérapeutique spécifique de cette maladie » écrit COLBERT, au moment du critique de la valeur de l'héliothérapie dans la tuberculose pulmonaire. Or, il n'est nullement prouvé que les rayons solaires poursuivent cette action bactéricide jusqu'aux tissus pulmonaires, comme le fait remarquer le Docteur Paul LABESSE.

D'autre part, l'influence très heureuse de la luminosité de l'atmosphère et du rayonnement solaire sur le comportement général des tuberculeux, ainsi que les résultats thérapeutiques parfois prodigieux obtenus par ROLLIER et PASCAL et d'autres encore dans les cures solaires de tuberculoses « externes » tout cela joint au bien fondé de l'action primitive du bain de soleil et de l'école au soleil (ROLLIER à Leysin), mais qui ne s'applique pas uniquement à la prophylaxie de la tuberculose, a provoqué cette confusion dans les idées de beaucoup sur l'antagonisme de la lumière et de toutes les tuberculoses.

Signalons encore l'abaissement possible du seuil de résistance aux toxiques, aux toxines et à des substances de toxicité, jusque là très restreinte, sinon nulles, et l'apparition de ces accidents de sensibilisation à divers antigènes, prétexte des urticaires ou des eczémas solaires : c'est tout un autre chapitre des maladies de la lumière relevant de la *photo-anaphylaxie*.

Dans ce cas on voit la lumière jouer un rôle inverse du rôle antimicrobien et antitoxique que nous essayons d'utiliser.

Ces questions sont encore pleines de discussions, mais il n'en apparaît pas moins qu'il y a nécessité formelle de *ménager* la lumière aux tuberculeux et aux acnéiques sous peine de les exalter fâcheusement.

CHAPITRE IV

CONDITIONS D'INSOLATION DES DIFFÉRENTES PARTIES DU GLOBE EN VUE D'UTILISATIONS PRATIQUES

Il est logique que dans ce travail nous donnions un aperçu des conditions d'insolation des principales régions du globe, mais ce ne peut être qu'un aperçu et ceci pour deux raisons : la première, c'est que cette insolation dépend des conditions météorologiques et que celles-ci sont parfois très complexes, très difficiles à démêler et, à plus forte raison, à exposer, et que l'on trouve, même en envisageant de grandes régions, tellement de cas particuliers, que si nous voulions en donner une idée même sommaire, ce chapitre se transformerait rapidement en un traité.

La seconde, c'est que précisément, en raison de l'utilisation toujours plus large faite par les médecins des lieux ou des stations choisis pour leurs conditions climatologiques, cette partie de notre travail correspond à toute une science : « La climatologie ».

Nous nous voyons donc obligés de renvoyer le lecteur curieux de plus amples détails, au « Traité de climatologie » de PIERY, qui fait autorité en la matière.

Quand on fait le compte de toutes les conditions climatologiques qui influent sur le climat et que l'on se place comme nous au point de vue particulier des conditions d'insolation, on voit que, somme toute, c'est encore en regardant la carte mondiale des Isothermes annuelles, que l'on peut au mieux, se rendre compte

de la valeur des différentes régions du globe, notamment voir les régions dans lesquelles l'on *doit* faire une large application de l'hygiène par le soleil, celles où l'on *peut* utiliser d'une manière pratique des appareillages importants, fonctionnant à coup sûr, par exemple pour la stérilisation de l'eau et celles, enfin, qui n'ont pas besoin de préoccupations particulières au sujet de l'hygiène, de la part des médecins, et qui sont généralement utilisées, de ce fait, à titre hygiénique ou médical par les habitants des autres régions.

L'Isotherme correspondant à la température de 30° ne renferme guère que la dépression Saharienne, le Tchad, le Haut-Nil et l'Abyssinie. Elle limite des régions où les conditions thermiques et, partant, solaires, sont vraiment excessives.

L'Isotherme de 20° laisse en dehors d'elle une bande sur la côte sud de l'Australie, la pointe de l'Amérique du Sud, ainsi que les côtes Péruvienne et Chilienne, l'Amérique du Nord (sauf le Mexique), l'Afrique Française du Nord, toute l'Europe, l'Asie Mineure et toute l'Asie au nord de la chaîne de l'Himalaya et au nord de l'Indo-Chine.

Entre ces limites, on a des régions qui sont particulièrement propices à des utilisations artificielles du soleil, telles que les stérilisations d'eau en grand, que nous envisagerons dans la deuxième partie de ce travail, pour certaines régions très mal alimentées à ce point de vue.

Il faut étendre à l'Isotherme de 10° les régions où le soleil joue encore un grand rôle comme agent stérilisant et thermique, et où il est susceptible d'applications d'ordre hygiénique avec des détails d'application plus délicats et des rendements moins bons, en principe tout au moins, que dans les régions enlacées par l'Isotherme de 20°.

Ces régions sont typiquement :

Les Etats-Unis, la France jusqu'à Paris, exclue la Bretagne, le Jura inclus, l'Italie, la Yougoslavie et les Balkans, l'Asie Mineure, la zone des dépressions périméridiennes, les déserts de l'Asie centrale et la Chine, sauf la Chine du Nord, c'est-à-dire le Mandchoukouo.

Il faut y ajouter encore les alentours immédiats du Cap et le sud de l'Australie. En Amérique du Sud, cette isotherme ne laisse hors d'elle que la pointe Patagonne.

Dans cet ensemble de régions comprises entre l'Isotherme de 20° et l'Isotherme de 10°, il faut faire des distinctions.

Il faut y considérer d'une part, des régions désertiques qui sont à rapprocher des régions à 20°, parfois même des régions à 30° annuels : elles sont caractérisées généralement, par une insolation excessive.

Il faut considérer, d'autre part, les régions élevées, montagneuses, par exemple, ou certains déserts élevés qui sont à rapprocher des régions froides qui ont 0° ou — 10° de moyenne annuelle.

Dans celles-ci, le froid combat l'action du soleil, au moins au point de vue thermique, ce qui n'empêche pas le passage de nombreuses radiations pénétrantes telles que les ultra-violets et les rayons cosmiques, et même en plus grande quantité, généralement, que dans les régions plus chaudes.

Ces pays sont donc particulièrement favorisés au point de vue de l'hygiène. L'action stérilisante du soleil s'ajoute à la paralysie que produit le froid sur le monde microbien. Aussi ces régions sont-elles choisies précisément pour soigner des malades ou des convalescents et c'est ainsi que se sont développées, entre autres applications, les cures d'altitude qui ont fait l'objet de travaux innombrables depuis une trentaine d'années.

Il reste alors des régions qui ne rentrent ni dans la première, ni dans la seconde catégorie, régions où le soleil et le froid se combattent, soit avec alternance saisonnière de la prééminence de l'un ou de l'autre, ce qui n'est pas trop mauvais au point de vue de l'hygiène, sauf dans les périodes de transition, soit en donnant une sorte de climat moyen provenant de la résultante des deux, et assez homogène : ce sont les régions les plus mauvaises pour l'hygiène humaine.

Or, la France est typiquement dans ce cas. C'est là électivement que des soins intelligents apportés dans l'utilisation maxima du soleil comme agent stérilisant

et aux autres points de vue peuvent améliorer considérablement l'hygiène du pays. D'où une véritable nécessité, pour les médecins français, de bien connaître tout ce qui se rapporte à la climatologie et à l'héliologie.

Les régions où il y a un bel été alors que l'hiver est médiocre, sont encore intéressantes et utilisables pour la climatologie. Le pire ennemi du soleil comme agent stérilisant et hygiénique, c'est surtout la nébulosité.

Il y a donc pour chaque petite région toutes sortes de détails à envisager en particulier, dont nous ne pouvons donner la moindre idée ici.

CHAPITRE V

APPLICATIONS DERIVEES UTILISANT DES LUMIERES ARTIFICIELLES

Il est évident que lorsqu'on s'expose au soleil dans un but d'hygiène ou dans un but proprement thérapeutique, on est obligé d'accepter la radiation solaire telle qu'elle est, c'est-à-dire d'une manière globale. A peine peut-on utiliser des écrans. Ce procédé n'a pas encore d'applications pratiques très variées ; de tels écrans n'éliminent qu'une partie restreinte des radiations, dans certains cas, ou en absorbent une trop grande quantité dans d'autres.

A la suite des connaissances de plus en plus approfondies sur la lumière et sur les innombrables sortes de rayons émanant du soleil, on a pensé pouvoir se servir de *tels ou tels rayons*, reproduits artificiellement et utilisables en chambre, comme n'importe quelle thérapeutique banale. C'est ainsi, en particulier, que l'on a utilisé les lampes à mercure et les écrans de Wood pour éclairer, par les rayons ultra-violets, des enfants en évolution rachitique, à la suite des travaux montrant le rôle de ces rayons dans la production de la vitamine D à partir de l'ergostérol.

Il y a longtemps que cette nouvelle thérapeutique est utilisée et elle a fait depuis beaucoup d'enfants.

Si l'on visite actuellement un service de physiothérapie bien organisé, comme celui du regretté Docteur DAUSSET, à l'Hôtel-Dieu, par exemple, on peut y voir traiter toutes sortes d'affections par un grand nombre de rayons,

les uns, ondes lumineuses, les autres ondes électriques, d'autres enfin, rayons très pénétrants comme les rayons X, qui nous éloignent sensiblement des radiations réceptibles à la surface de la terre. N'oublions pas, cependant, les rayons ultra-pénétrants cosmiques, qui sont en quelque sorte, à notre point de vue, les rayons X du soleil. Ceci nous montre d'ailleurs que les techniques d'insolation naturelle ont des ressources que n'ont pas toujours les radiations artificielles et, à ce propos, il ne serait peut-être pas inutile de faire une comparaison avec ce qui s'est passé pour l'utilisation des plantes physiologiquement actives pour l'homme, au cours du dernier siècle.

Autrefois et jusqu'à une époque relativement rapprochée de nous, on utilisait les drogues entières, totales et on les ajoutait même les unes aux autres pour faire des médicaments extrêmement complexes, comme la thériaque. Ensuite les connaissances progressant rapidement, on a extrait de presque toutes ces drogues des corps chimiquement définis auxquels on a rapporté, par une généralisation quelquefois un peu hâtive, les propriétés physiologiques de la plante entière ; ainsi s'est développée la vogue des alcaloïdes. C'est la grande ère de la pharmacie chimique.

De nos jours en y regardant de plus près, on s'est aperçu qu'alcaloïdes ou autres corps avaient une action spécifique qui était quelquefois fort différente de celle de la drogue initiale, lorsqu'elle est employée vraiment entière, et dans des conditions telles que sa composition chimique ne soit pas trop altérée avant l'emploi. Et l'on revient à des extraits totaux de plantes, qui avaient été remplacées, pendant toute une période, dans la thérapeutique, par ce qu'on appelait leur principe actif, ou bien à des plantes dont on n'a jamais pu extraire de corps chimiquement définis qui puissent être responsables de l'action de la drogue ; ce qui n'empêche pas d'employer, d'une manière tout à fait distincte des alcaloïdes ou des hétérosides purs dont l'action a été bien établie par ailleurs.

Pour ce qui est de l'héliothérapie, il semble que nous

entrions dans la seconde phase, celle de l'utilisation de plus en plus étendue, des radiations isolées, reproduites artificiellement. Cependant, l'héliothérapie proprement dite progresse sans cesse, et le jour où elle sera mieux armée qu'elle ne l'est maintenant, le jour où ses techniques seront développées et précisées, grâce d'ailleurs, aux comparaisons effectuées avec l'action des radiations isolées, elle prendra certainement une place encore plus grande qu'actuellement au regard des thérapeutiques irradiantes artificielles, qui seront utilisées conjointement pour des buts différents et très précis.

A vrai dire, nous ne parlons pas de toute cette thérapeutique dérivée de l'insolation que pour mémoire. En effet, elle ne nous intéresse pas directement, car, dans leur emploi, l'action stérilisante des radiations est tout à fait problématique par rapport à l'action thérapeutique recherchée, et elle n'y est même pas envisagée la plupart du temps.

De même, nous ne ferons que mentionner la stérilisation des eaux de boisson par les rayons ultra-violets. Bien que cette application dérivée de nos connaissances sur l'action stérilisante des différentes radiations du spectre soit susceptible d'une mise en œuvre pratique dans un laboratoire, bien qu'elle ait donné lieu à la mise au point de bons appareils comme celui de NOGIER, et qu'on ait tenté de faire de grandes installations de purification des eaux d'une grande ville, il est certain que, d'une part, au laboratoire on n'a que l'embarras du choix parmi les méthodes de stérilisation et que, d'autre part, le prix de revient des grandes installations est quasi prohibitif, l'entretien très difficile et l'épuration très aléatoire dès que cet entretien n'est pas parfait. En effet, il faut utiliser des lampes à mercure qui sont d'un prix assez élevé, toute la verrerie doit être en quartz sous peine d'arrêter les rayons U. V. l'eau doit être irradiée sous une très faible épaisseur, et dès qu'elle n'est pas absolument limpide ou que l'appareillage n'est plus parfaitement propre, la stérilisation devient assez illusoire : or, l'eau doit circuler assez lentement sous cette faible épaisseur. Pour toutes ces raisons, l'usage des rayons

ultra-violet ne s'est pas répandu pour la purification des eaux des grandes villes qui est un problème tout à fait particulier, différent de l'alimentation en eau des petites cités, et dont la portée, dans chaque cas, est considérable : témoin les questions d'alimentation de Paris par les eaux artésiennes qui ont des répercussions sur tout le bassin de Paris.

Aussi, indiquerons-nous plutôt des procédés nouveaux, qui visent à répandre l'usage du soleil dans les lieux d'où il semble avoir été chassé par l'artifice des hommes, nous voulons dire dans les agglomérations urbaines. Il suffit de regarder les grandes villes actuelles pour voir combien modestement y est utilisé le soleil pour les hommes. Les toits sont éclairés et les gens ne le sont pas. Déjà, dans les villes où la hauteur des maisons est limitée, comme à Paris, beaucoup d'habitations ne reçoivent le soleil que si elles sont suffisamment élevées au-dessus du niveau de la rue, et de préférence tournées au sud. Encore, ne reçoivent-elles généralement le soleil que pendant un petit nombre d'heures dans la journée et, tandis qu'il cuit complètement une partie de la façade de l'immeuble et qu'il oblige les habitants à se protéger par des rideaux et des stores de ce côté, les pièces qui donnent du côté opposé et toutes celles qui donnent dans l'intérieur du groupe de maisons envisagées ne sont éclairées que par une radiation diffuse, quelquefois très faible. Ces inconvénients sont encore plus accentués dans les villes où la hauteur des maisons croît d'une manière presque illimitée, tandis que l'espacement de ces maisons reste celui d'une maison de quelques étages.

Aussi, est-il curieux de voir tendre tous les efforts des urbanistes vers une transformation des cités qui peut se résumer en trois phases :

1° *Emigration de la population* vers la banlieue et destruction du centre ;

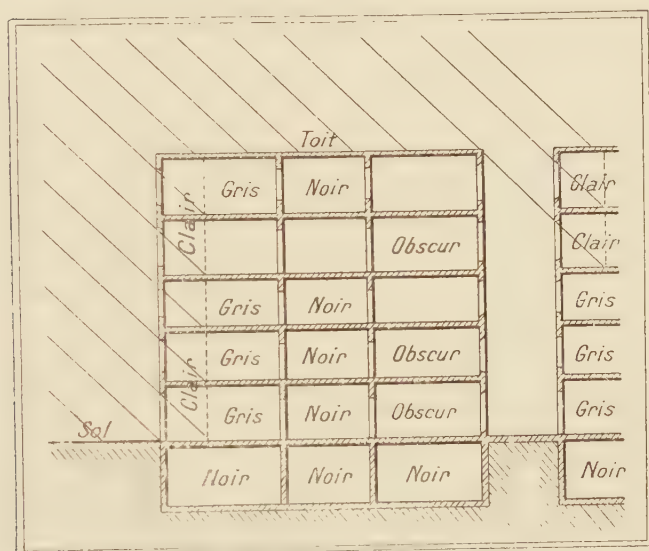
2° *Reconstruction du centre* sous la forme de buildings, largement espacés, reliés par tous les moyens de communication possibles et servant uniquement aux affaires.

3° *Aménagement et ordonnance secondaire de la ban-*

lieue, en vue de l'habitation agréable, de sortes de cités-jardins.

En même temps on voit surgir toutes sortes de projets sur la manière de construire « rationnellement » les immeubles, de faire ou de ne pas faire d'angles, de faire des gradins vers le haut, etc... tout cela n'ayant finalement qu'un but : amener au maximum aux gens la lumière naturelle du soleil avec tous les bienfaits qu'elle comporte, ne serait-ce déjà qu'au point de vue lumière.

On pourra trouver une excellente présentation de ces questions dans l'article de M. Roger LARDAT, secrétaire du Conseil de la Société des Architectes diplômés par le gouvernement, dans « La Nature », n° 2799, du 15 décembre 1928.

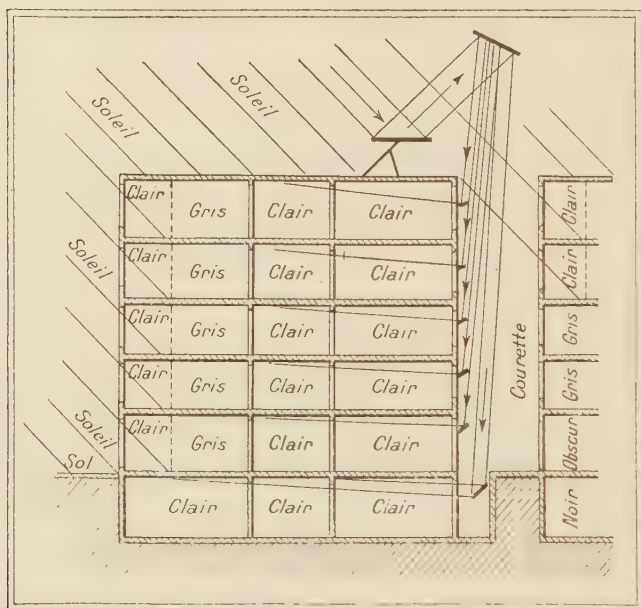


Cette décentralisation des villes, cette distinction de plus en plus grande entre les lieux de travail et les lieux d'habitation est certainement réalisable, grâce au développement des moyens de communication modernes,

mais il n'en reste pas moins qu'elle s'oppose à l'instinct si naturel des groupements que constitue une cité.

C'est, d'autre part, une source de dépenses considérables, et pour la construction des maisons dans la banlieue, et pour la reconstruction des maisons du centre, et enfin, pour le trajet journalier effectué par chaque individu se rendant de sa maison à son travail et de son travail à sa maison. Qui supportera de pareils frais ? Le bien-être que l'homme peut en retirer est-il suffisant pour compenser matériellement le débours occasionné ? De toute manière, une telle transformation, surtout dans les conditions économiques actuelles, apparaît, sinon problématique, du moins extrêmement lente et, en attendant, les gens vivent, et ils voudraient bien « du soleil ».

C'est pourquoi, on ne saurait trop louer M. Jacques



ARTHUYS, d'avoir conçu un appareillage d'une ingéniosité remarquable, bien que reposant sur des principes simples, et qui permettent de porter le soleil partout, à l'intérieur de toutes les maisons.

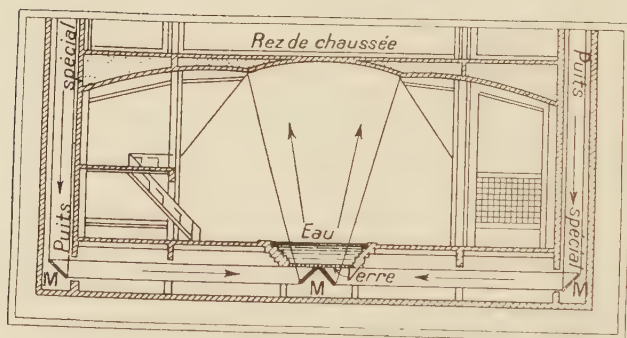
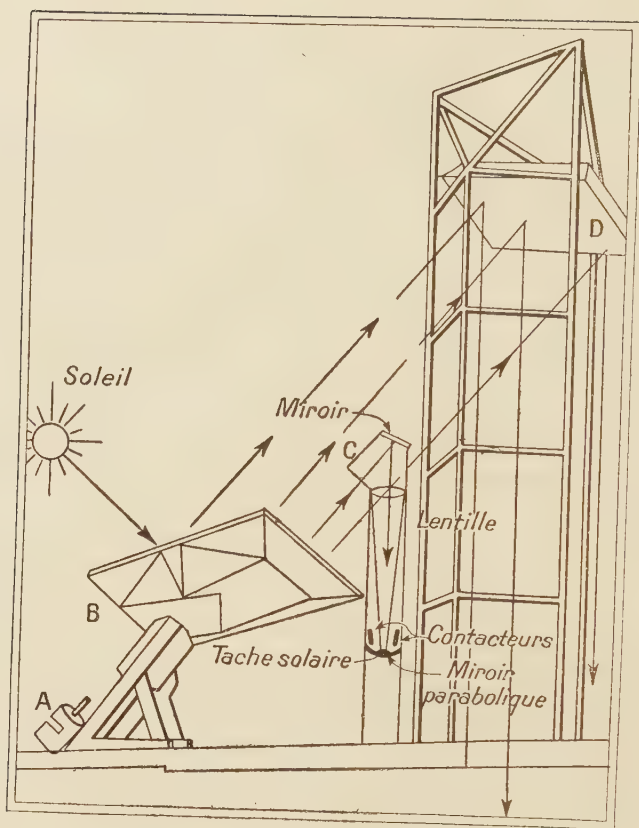
Il consiste à récupérer une partie de la radiation reçue par le toit et à l'envoyer à l'intérieur des maisons. La réception est faite par un miroir mobile qui maintient constant, d'une manière automatique, l'angle des rayons lumineux. Ce miroir renvoie les rayons sur un autre disposé en sens inverse, qui lui-même les renvoie verticalement à l'intérieur des habitations, en utilisant pour cela les puits naturels que forment les cours et les courettes dans presque tous les immeubles urbains.

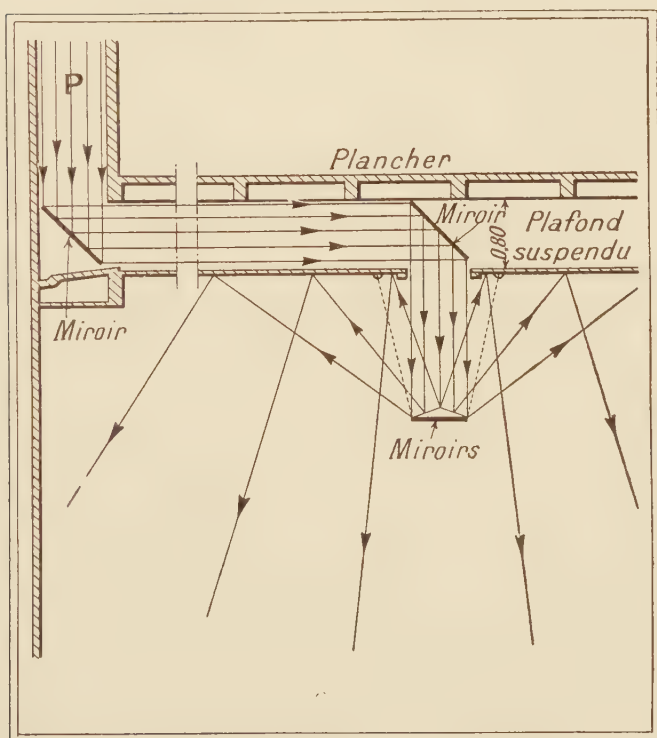
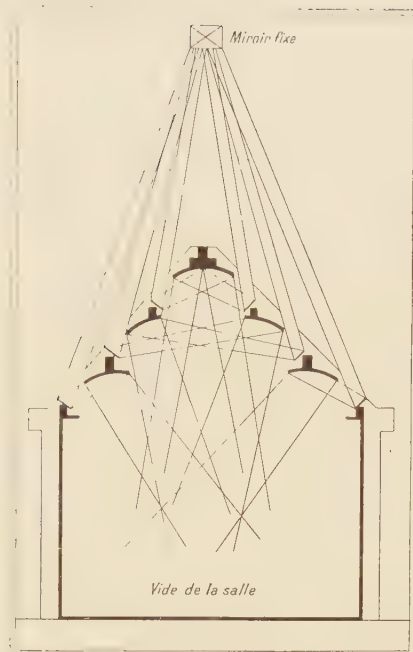
A chaque étage, un miroir allongé, disposé au tiers supérieur, renvoie par les fenêtres de cet étage, la lumière à l'intérieur de toutes les pièces sombres.

Cette appareillage est applicable à des immeubles existant auparavant. Il a déjà produit des résultats remarquables dans un certain nombre de grandes maisons. Il est certain que rien n'est plus facile que de prévoir, dans une maison nouvelle, des puits spéciaux, faits pour l'insolation intérieure des maisons. De telles dispositions permettent d'éclairer, *par le soleil*, des pièces entières à l'aide par exemple, d'une vasque d'eau ou d'une sorte de grande coupe, décorativement disposée au centre de la pièce. On peut aussi faire arriver cette lumière par des sortes de lustres. On peut encore réaliser l'éclairage complet d'une grande salle par son toit et toujours avec la lumière solaire.

On est étonné qu'une telle amélioration des conditions de vie citadine n'ait pas reçu plus d'application jusqu'à présent : il est vrai que cette technique n'est guère connue que depuis quatre ans.

Il est certain que ce procédé n'apporte pas à l'intérieur des maisons toutes les radiations solaires, que certaines d'entre elles sont absorbées, au moins en partie, au cours des réflexions successives, néanmoins, puisqu'il s'agit là d'une utilisation de la radiation solaire globale, nous estimons qu'elle rentre dans le cadre de notre étude et qu'elle était intéressante à signaler par suite de l'amélioration très notable qu'elle peut apporter à l'hygiène des habitations des grandes villes, amélioration dans laquelle le rôle stérilisant du soleil n'est certainement pas négligeable.





DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

L'EAU POTABLE PAR LE SOLEIL

Nous avons parlé, jusqu'à présent des principes théoriques et des expériences de laboratoires faites sur l'action stérilisante du soleil. Nous avons envisagé quelques applications intéressantes, certes, mais où l'action du soleil est peut-être discutable comme agent stérilisant. Nous allons voir, maintenant, une série de recherches suivies de réalisations pratiques qui peuvent et qui doivent avoir des conséquences très importantes au point de vue de l'hygiène, dans de nombreuses régions du globe, sinon dans toutes.

Il s'agit de l'emploi direct du soleil pour l'obtention d'eau chimiquement et bactériologiquement potable.

PREMIERES REALISATIONS

Cette utilisation a été imaginée dès 1872. L'idée était presque oubliée, lorsque des nécessités modernes dans les colonies françaises l'ont remise à jour et ont provoqué une mise au point des plus intéressantes.

Le problème posé, aussi bien à la fin du XIX^e siècle, qu'au premier quart du XX^e, était l'alimentation en eau potable des populations obligées à vivre dans un pays dont les eaux, par suite des conditions géologiques étaient essentiellement salines et l'étaient au point de les rendre impropres à la boisson.

Dans le premier cas, il s'agissait d'alimenter en eau potable la localité de Salinas, située à environ 112 kms du port d'Antofagasta, dans le désert d'Atacama (Chili), et centre d'importantes mines d'argent, à 1.400 mètres d'altitude, par environ 23° de latitude Sud.

La seule eau qu'on y trouve contient 140 gr. de sel par litre (alors que l'eau de la Méditerranée en contient 38 gr., par exemple),

En pleine exploitation il y avait à ravitailler en eau, outre les mineurs, environ 4.000 mulets qui passaient à Salinas en moyenne une fois par semaine.

A cette époque, le transport du charbon était si coûteux, ainsi que les réparations des chaudières et des condensateurs, que le gallon d'eau distillée (4 l. 54) revenait à environ 4 cents (à peu près 1 fr. actuel).

C'est J. HARDING (1) qui résolut le problème en utilisant un appareil qui, dit-il, a été imaginé par Ch. WILSON, en 1872.

M. MAURAIN a retrouvé mention du procédé WILSON dans le mémoire d'ACKERMANN (1915) (1) où il l'a décrit en 18 lignes, et qui ne paraît pas l'avoir particulièrement intéressé.

Nous devons donc dire, pour respecter les règles de la priorité scientifique, que les châssis dont nous allons parler sont du modèle WILSON.

J. HARDING installa 60 châssis en bois, ayant chacun 200 pieds (environ 60 m.) de long, larges de 4 pieds (environ 1 m. 20), couverts par un total de 51.200 pieds carrés de verre (soit 4.800 mètres carrés). Chaque châssis, très bas, suivant le dessin ci-contre, comportait des vitres opposées, inclinées d'environ 10° sur l'horizontale, leur bord inférieur reposant sur le bord bas du châssis et le bord supérieur sur une sorte d'arête longitudinale, en bois, soutenue, à intervalles convenables par des sup-

(1) J. HARDING. « *Apparatus for Solar distillation* ». (Proc. Inst. of civil Engineers), vol. 73, 1882-1883. Part. III. London 1883, 7 p. fig. (Le mémoire original est très rare.)

(1) ACKERMANN. « *The utilisation of solar energy* ». (Ann. Rep. Smithson. Institut 1915, Washington 1916), p. 145-166. 6 planches.

ports verticaux en bois. Sous le bord inférieur des vitres courait une gouttière, en bois elle aussi, recueillant l'eau distillée. L'étanchéité était obtenue avec du mastic. L'eau salée, élevée dans un réservoir par un moulin à vent, était distribuée dans les châssis par un système de tuyaux. Un autre système amenait l'eau distillée dans d'autres réservoirs. On avait ainsi un ensemble de presque un demi hectare de surface de verre, donnant, dans

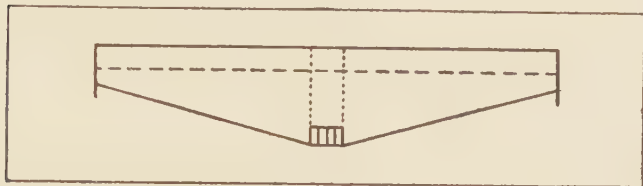


Schéma du châssis à double pente vitrée.

des conditions favorables normales, en été, plus de 5.000 gallons (22.715 l.) soit, environ, 23 tonnes d'eau distillée par jour, et cela, notons-le, avec des matériaux très communs : verre et mastic.

Le prix de l'eau était de moins de 1 cent (0,25 actuel) par gallon. La plus grande dépense, et nous retrouverons cela pour les appareils modernes, était due au renouvellement des vitres fréquemment brisées par les tourbillons de vent caractéristiques de cette région.

Le personnel, très réduit, comprenait un employé pour la comptabilité, la vente de l'eau, etc, un vitrier et deux employés pour le nettoyage et les réparations. A intervalles un charpentier venait pour les réparations plus importantes.

Un jour, la voie ferrée arriva près de Salinas. Les propriétaires de l'installation négligèrent celle-ci tellement que la production tomba à la moitié de ce qu'elle était au début.

On est étonné de voir un résultat aussi merveilleux obtenu d'emblée, et plus encore de l'oubli dans lequel une réussite aussi remarquable, une idée à la fois aussi simple et aussi géniale, est tombée par la suite. Mais il faut se rendre compte que les conditions étaient exceptionnellement favorables : climat désertique, sec, haute altitude, basse latitude. D'autre part, une pareille exploitation ne pouvait intéresser, jusqu'à nouvel ordre, que des sociétés humaines appelées à résoudre un problème analogue, d'où la renaissance récente de l'emploi des châssis WILSON à propos des eaux du Sud-Tunisien.

Nous pouvons, cependant, constater que dès 1883, nous possédons un procédé réellement pratique, susceptible d'une application en grand et qui a fait ses preuves, pour l'obtention d'eau potable dans des régions chaudes et particulièrement impropres à la vie humaine. Mais l'effort de ces dernières années a étendu la notion tout en perfectionnant la technique, comme il arrive généralement, et cette purification des eaux a été envisagée au point de vue colonial dans son ensemble, et même au point de vue général. C'est ce point de vue que nous reprenons ici, en l'augmentant encore.

Nous estimons que le procédé des châssis WILSON est d'une importance suffisante pour donner lieu à des recherches et des applications d'hygiène générales, et il est probable qu'il y aura bientôt une place d'honneur parmi les solutions apportées, chaque jour plus ingénieuses au problème de l'eau potable des sociétés modernes.

Un certain nombre de chercheurs se sont lancés dans cette voie et ont abouti à des résultats intéressants, que nous allons essayer de rassembler et de présenter ici.

Nous voudrions faire le point, mais nous estimons que ce n'est là qu'une première étape et nous voudrions surtout attirer l'attention du monde médical, tout au moins en France, sur cette notion extrêmement féconde, de la purification des eaux par le soleil, susceptible d'avoir des applications pratiques, en petit et en grand, à la suite de l'invention de Charles WILSON.

Si nous atteignons ce but, nous estimerons que notre modeste travail n'aura pas été inutile et aura bien joué le rôle que peut se proposer une modeste thèse de doctorat en médecine.

CHAPITRE II

DIFFERENTS SYSTEMES PROPOSES AUTRES QUE LE CHASSIS WILSON

Avant d'étudier en détail les différentes applications et les perfectionnements récents des châssis WILSON, nous croyons bon de passer rapidement en revue les autres procédés proposés pour l'obtention d'eau potable par l'emploi de la chaleur solaire. Ils nous montreront combien ils sont inférieurs aux châssis.

C'est essentiellement l'emploi des miroirs dont l'idée première est empruntée à ARCHIMÈDE et qui comportaient en leurs foyers un bouilleur.

Déjà, en 1881, du 1^{er} janvier au 31 décembre, CROVA avait fait, à Montpellier, 930 observations, pendant 176 journées, durant lesquelles on a distillé 2.725 litres d'eau au moyen d'un miroir PIFRE de 5 m² 22 de section normale aux rayons solaires.

La moyenne par heure et par mètre carré, a été de 748 gr. avec un maximum de 1.015 gr. 7 et un minimum de 480 gr. d'eau distillée. En admettant 8 heures par jour d'insolation, cela donne pour le maximum 8.125 gr.

Le docteur Jules RICHARD, qui s'est intéressé à ces miroirs, à titre de comparaison avec les châssis qu'il a soigneusement étudiés au Musée Océanographique de Monaco, constate qu'à Monaco la moyenne de juin 1928 a été de 3.466 gr. avec un maximum de 4.498 gr. (voir plus loin).

Si l'on rapporte les deux maxima à une même surface, on voit que 2 m² de châssis vitré, dans ces condi-

tions, équivalent à 1 m² du meilleur miroir argenté. Evidemment la comparaison n'est pas précise. Il faudrait comparer le rendement des deux systèmes simultanément, en un même point, pendant le même temps. Mais, en admettant que 3 m² de châssis valent 1 m² du meilleur miroir argenté, on fait la part belle au miroir.

Exceptionnellement, le 22 juillet 1875, à Tours, MOUCHOT a obtenu 1250 gr. par mètre carré, vers 13 heures, avec son miroir de 4 m² d'ouverture. Cela correspond à 1.625 gr. pour le miroir PIFRE qui donne 30 % de plus que celui de MOUCHOT. Cela ferait 13 litres en 8 heures. Mais, combien auraient donné les châssis vitrés dans des conditions indentiques ? Certainement plus de 4 l. 5, taux auquel 3 m² donneraient déjà 13 l. 5.

Rappelons en passant que MOUCHOT, en partant sur l'idée du miroir à bouilleur, conçu surtout dans le dessein de production de forces motrices, était arrivé à faire fonctionner par le soleil une petite imprimerie éditant un journal qui s'intitulait « Le Soleil ».

Cette application, cependant, n'eut pas de suites, en raison du rendement relativement médiocre, se surajoutant à une mécanique compliquée, d'entretien coûteux.

M. le Docteur PASTEUR, dans une note à l'Académie des Sciences, séance du 2 juillet 1898, a bien annoncé avoir construit un miroir donnant « des résultats 4 ou 5 fois supérieurs à ceux obtenus en Afrique avec d'autres appareils ». Il dit avoir eu 60 gr. d'eau distillée en une heure avec une surface réceptrice de 0 m² 15, ce qui fait 400 gr. par mètre carré. Or, ce chiffre est inférieur à la moyenne de CROVA : 748 gr.

Quand le temps est couvert, les miroirs ne donnent rien, tandis que les châssis donnent encore quelque chose de plus ou moins appréciable, suivant les conditions atmosphériques.

Ainsi, le 15 mai 1928, jour tout couvert, à Monaco, donna au Docteur RICHARD 1631 gr. au mètre carré et le premier juin de la même année, où le ciel était caché par une épaisse couche de nuages, lui donna cependant 806 gr.

Mais où se montre la grande supériorité des châssis

distillateurs sur les miroirs, c'est dans le prix inférieur de la construction, la simplicité du fonctionnement et la réduction de la main d'œuvre.

Les appareils à miroirs sont très coûteux et vraiment compliqués. Il est indispensable de leur faire suivre exactement le soleil, sous peine de diminuer beaucoup le rendement. L'eau étant portée à l'ébullition, il faut condenser la vapeur par une circulation d'eau froide, pour tout cela, il faut un personnel spécial.

Les châssis vitrés, au contraire, une fois installés pour que leur longueur soit normale à la ligne Nord-Sud, fonctionnent automatiquement, sans surveillance. On recueille l'eau distillée qu'on remplace chaque matin par une quantité égale d'eau nouvelle.

M. GINESTOUS, directeur du Service Météorologique Tunisien, avant de s'engager dans la voie des châssis, qui lui a donné, de même qu'au Docteur RICHARD, de si beaux résultats, a essayé lui aussi, la voie des miroirs. Travaillant en collaboration avec M. POULAIN, il avait construit un miroir sphérique de 7 m² 5, comportant une cucurbite à son foyer et pourvu d'une mobilité qui lui permettait de rester toujours normal aux rayons du soleil.

Au début il mettait 26 minutes pour distiller un litre d'eau. Ce temps fut ensuite amélioré jusqu'à 16 minutes avec obtention de 30 litres d'eau distillée par jour. Cependant, là aussi, les recherches furent arrêtées par les difficultés d'installation et le manque de personnel.

Il ne faudrait pas croire que l'ingéniosité des chercheurs se soit limitée à l'utilisation des miroirs ou des châssis.

M. le Docteur RICHARD, avant de songer aux châssis WILSON, avait eu l'attention attirée sur la première communication de MM. Georges CLAUDE et BOUCHEROT, à l'Académie des Sciences, sur l'énergie thermique des mers tropicales, et il avait pensé à distiller, sous un vide suffisant, de l'eau de mer échauffée au soleil dans des récipients peu épais, à larges surfaces noircies et placés dans des boîtes à parois isolantes, munies d'une vitre

(ou de deux), analogues aux boîtes chauffantes de Sausure.

Dans des essais préliminaires, on avait pu porter 33 kgs d'eau, par mètre carré de surface exposée, de 30° à 90°, en 6 heures, et une autre fois : 62 kgs par mètre carré, de 20° à 50°, en 4 heures 35.

Dans ce dernier cas, on voit que 34 m² donneraient 2.046 l. à 50°.

D'après Georges CLAUDE et BOUCHEROT, une tonne d'eau donne 8 kgs de vapeur en abaissant sa température de 5°, soit 48 kgs pour un abaissement de 25°, soit 4 kgs pour 100 litres.

Un essai a donné 3.750 gr. pour 100 litres d'eau environ, ayant passé de 71° à 46° en 1 heure 48 minutes.

On se rend compte que si la surface d'évaporation est augmentée convenablement, toutes les prises de vapeur, munies chacune d'un réfrigérant, multipliées, on peut réduire autant qu'on le veut la durée de la distillation, la même pompe à vide servant pour tout le système.

Mais, qu'on songe à la complication des dispositifs, aux altérations des soudures des boîtes métalliques par l'eau des mers, à la grande surface de ces boîtes, (34 m²) pour une quantité relativement médiocre d'eau distillée (100 litres environ), on reconnaît vite que le système des châssis vitrés est bien préférable, à tous égards, puisque, pour obtenir 100 litres d'eau distillée il ne suffirait que de 34 m², soit seulement à peine 3 litres par mètre carré et par jour, ce qui est facile, une grande partie de l'année dans les pays chauds.

Nous arrivons donc encore une fois, comme pour l'emploi des miroirs, à cette conclusion que le principe du système WILSON est de beaucoup le plus avantageux à tous égards et le plus pratique. D'autant que l'expérience a déjà suggéré et suggérera encore des perfectionnements de détail qui ont parfois une grande importance dans les rendements et les prix de revient.

Un autre inventeur avait aussi songé à un appareil métallique, basé sur le principe du récepteur intégral, mais cette idée n'a jamais reçu d'applications pratiques.

Avons-nous, maintenant, fait le tour de toutes les

solutions utilisées en dehors des châssis WILSON ? Non.

En effet, il faut s'attendre à voir rétablis, modernisés, les procédés de condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère, adoptés il y a 2.000 mille ans pour alimenter les 14 fontaines de la ville de Théodosia en Crimée (1).

Un ingénieur belge, M. KNAPEN, bien connu par ses méthodes d'assainissement du palais de Versailles, se propose d'établir, sous le nom de puits aériens des constructions capables d'un meilleur rendement que les appareils de Théodosia. On voit tous les services que ce procédé est appelé à rendre. Il est basé sur des expériences anciennes, exécutées sur une grande échelle, et M. KNAPEN en a montré l'efficacité dans ces dernières années.

En attendant, M. GINESTOUS (2) a conclu, des observations météorologiques en sa possession, ce qui suit : « Nous pensons que pour le Sud Tunisien et Algérien, ainsi que pour quelques régions du Sahara, les conditions d'humidité de l'air permettent de concevoir les condensations prévues comme rendement du puits aérien de M. A. KNAPEN. Ce rendement dépend, toutefois, uniquement de la nature des matériaux employés, de leurs propriétés spéciales, de leur aménagement, question qui relève uniquement de la pratique de l'ingénieur.

Nous savons, d'autre part, que MM. G. CLAUDE et BOUCHERON, dans leur magnifique projet d'utilisation de l'énergie tropicale des Océans, se proposent d'obtenir l'eau douce en grande quantité par la distillation de cette eau dans le vide, en condensant la vapeur par l'eau froide de la profondeur (1).

On a fait aussi des essais avec des châssis, dans le but

(1) Voir M. NEVEUX. « *Récupération automatique de l'humidité atmosphérique par le puits aérien, système Knapen* » (Revue Scientifique n° 16). 25 août 1928, pages 500-504, 5 figures. Et encore : « *Pour puiser l'eau de l'atmosphère dans les pays chauds, le puits aérien, système Knapen* » (La Nature, n° 2.792), 1^{er} septembre 1928, pages 221-222, 3 figures.

(2) GINESTOUS. « *La récupération de l'humidité atmosphérique par les puits aériens* » (La Dépêche Tunisienne, 23 octobre 1928).

(1) (Voir le n° 33, avril 1928, du « Bulletin mensuel de l'Union des Syndicats d'Ingénieurs Français »).

d'extraire l'eau de la vapeur d'eau de l'air. Du chlorure de calcium fondu occupe le fond de l'appareil. On laisse ensuite ouvert, ou bien on y fait passer un courant d'air pendant la nuit. Le chlorure de calcium absorbe l'humidité de l'air. Le jour, on ferme l'appareil et le soleil distille l'eau absorbée, qu'on recueille. L'acide sulfurique concentré agit mieux, le chlorure de magnésium est également à essayer. Ces essais sont à reprendre en été quand l'atmosphère est plus chargée de vapeur d'eau, car, comme le fait remarquer M. GINESTOUS : « C'est en été, au moment de la période la plus sèche, que l'air est en réalité le plus riche en vapeur d'eau » et, dans un travail antérieur, le même auteur a montré que 1m^3 d'air peut contenir 9 gr. de vapeur d'eau à 10° , 20 à 20° , 30 à 30° , ce qui arrive sur le littoral méditerranéen.

A la fin de l'automne et en hiver, les résultats sont plus intéressants. Ce procédé ne pourra pas lutter, comme rendement, avec les puits aériens de M. KNAPEN. Cependant, c'est encore là une manière d'utilisation directe de la chaleur solaire et qui rentre bien, par conséquent, dans le cadre de notre étude.

Examinons maintenant la question des châssis WILSON pour la purification directe des eaux.

CHAPITRE III

RECHERCHES RECENTES SUR LES CHASSIS DISTILLATEURS

On peut se demander, au début de cette partie essentielle de notre étude, si ce problème de la purification des eaux salines qui s'est posé en 1883 comme en 1926, est bien en rapport avec le sujet qui nous intéresse, c'est-à-dire la purification essentiellement bactériologique dans laquelle le soleil aurait un rôle stérilisant.

C'est pourquoi nous dirons tout de suite que l'épuration des eaux par les châssis « Wilson » est bien, véritablement, une purification bactériologique. On peut penser d'abord *à priori* qu'elle l'est pour deux raisons. La première, c'est que, comme l'a fait si justement remarquer le docteur RICHARD dans son article du *Bulletin de l'Institut Océanographique* et dans une lettre qu'il nous a adressée personnellement, la distillation de l'eau se produit dans les châssis sans ébullition, donc sans aucun entraînement de particules solides. Il y a passage lent et continu de l'eau liquide à l'état de vapeur, puis condensation sur la vitre. Si la vitre, la rigole et les autres parties accessoires de l'appareil sont propres ou tenus en état de propreté, nous recueillerons donc une eau qui sera théoriquement pure et pratiquement souillée par les éléments bactériens de l'atmosphère seulement.

Remarquons au contraire que l'ébullition, si elle avait lieu, serait vraiment trop brève pour faire une véritable

stérilisation par la chaleur. La chaleur, cependant, n'est pas sans jouer aussi son rôle. En effet, la température monte jusqu'à 70 % dans les châssis et l'atmosphère du châssis est saturée de vapeur d'eau. Ce sont là des conditions suffisantes pour détruire au moins les formes bactériennes non sporulées.

A cette action de la vapeur d'eau vers 60°, s'ajoute l'insolation dont nous avons vu l'action dans les chapitres précédents.

Evidemment, le verre arrête rapidement les rayons ultra-violet; toutefois, tous les rayons qui traversent le verre, c'est-à-dire tous les rayons qui sont capables de traverser 3 millimètres de verre ordinaire, agissent, au point de vue bactériologique, sur l'eau en train de se condenser en fines gouttelettes au contact même de cette vitre; tandis que la vapeur d'eau qui sature l'atmosphère intérieur du châssis absorbe elle-même beaucoup de radiations actives et n'en laisse presque pas arriver jusqu'à la pellicule d'eau à évaporer.

Chacune de ces actions, dont la première est assurément la plus importante, seraient peut-être insuffisantes à stériliser véritablement une eau ainsi qu'on peut le faire dans un autoclave, mais, combinées, nous pouvons penser qu'elles rendent pratiquement pure de tout germe l'eau ainsi distillée. Ces pronostics ont été vérifiés grâce à des analyses demandées par l'un de ceux qui ont le plus étudié les châssis dans ces dernières années : M. B. GUILMET, directeur de la station météorologique de Phu-Liên.

L'eau a été analysée à l'Institut Pasteur de Hanoï *avant* et *après* son passage au châssis distillateur.

Avant, c'était une eau de mare croupie qui a montré plus de 20.000 coli par litre et 80 colonies d'anaérobies par cm³ (avec production de gaz); donc : une eau très *mauvaise*.

La même eau, *après*, a donné à l'analyse : moins de 20 coli par litre et 2 à 5 colonies d'anaérobies, donc : une *eau de bonne qualité*.

Voici d'ailleurs la copie des deux fiches d'analyse.

PREMIÈRE ANALYSE

RESULTATS DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE
DE L'EAU DE PHU-LIEN (Kiên-An)

Faite à la demande du DIRECTEUR DU BUREAU D'HYGIÈNE
à HAIPHONG
PAR L'INSTITUT PASTEUR D'HANOI

LIEU DE PRÉLÈVEMENT : Observatoire (eau de mare).

DATE DU PRÉLÈVEMENT : 1^{er} juin 1932, à 8 heures.

DATE DE L'ARRIVÉE AU LABORATOIRE : 1^{er} juin 1932, à
17 heures 30.

DATE DE L'ANALYSE : 2 juin 1932, à 16 heures.

1° DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SOUILLURE par énumé-
ration des colibacilles : Au moins 20.000 coli par litre.

2° RECHERCHE DES ANAÉROBIES : 80 colonies par centi-
mètre cube. Gaz.

CONCLUSION : *Eau très mauvaise.*

DEUXIÈME ANALYSE

RESULTATS DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE
DE L'EAU DE PHU-LIEN (Kiên-An)

Faite à la demande de M. B. GUILMET
PAR L'INSTITUT PASTEUR D'HANOI

LIEU DE PRÉLÈVEMENT : Observatoire (eau sortant d'un
châssis à distillation).

DATE DU PRÉLÈVEMENT : 27 août 1932.

DATE DE L'ARRIVÉE AU LABORATOIRE : 27 août 1932, à
15 heures.

DATE DE L'ANALYSE : 27 août 1932, à 16 heures.

1° DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SOUILLURE PAR NUMÉ-
RATION DES COLIBACILLES : moins de 20 coli par litre.

2° RECHERCHE DES ANAÉROBIES : 5 colonies par centi-
mètre cube.

CONCLUSION : *Eau de bonne qualité*

Nous pouvons donc admettre que les châssis Wilson réalisent, en même temps qu'une purification chimique, une purification bactériologique de l'eau, et nous allons voir qu'il est difficile d'imaginer un appareil mieux adapté pour résoudre le problème de l'eau potable en se servant du soleil comme source d'énergie.

Le principe de l'appareil est très simple. Il découle de l'observation d'un instrument d'horticulteur bien connu : le châssis qu'utilisent les jardiniers. Si nous examinons au soleil un châssis de jardinier fermé et contenant des plantes, nous voyons la face intérieure des vitres en pente garnie de gouttes d'eau, provenant de la condensation, au contact de la vitre, de la vapeur d'eau exhalée par les plantes. Ces gouttes se réunissent, et leur poids les fait glisser jusqu'au bord inférieur de la vitre, puis tomber à terre.

Supposons qu'on recueille ces gouttes dans une gouttière placée le long du bord inférieur de la vitre et munie d'un tube pour l'écoulement de l'eau distillée, on recueillera celle-ci dans un récipient. Telle est la base de ce système très pratique de distillation.

On est étonné de voir ignoré et méconnu un procédé aussi simple, susceptible d'une foule d'applications, comme on va le voir dans la suite.

C'est à M. le Professeur MAURAIN, directeur de l'Institut de physique du Globe, que l'on doit être reconnaissant d'avoir en quelque sorte exhumé ce procédé et attiré l'attention sur lui, à l'occasion du concours institué par le Gouvernement Tunisien, pour l'amélioration des conditions de ravitaillement en eau potable des postes du Sud-Tunisien et des convois appelés à circuler dans ces régions : c'est lui qui a rappelé les premières et si encourageantes réalisations de HARDING à Salinas.

Ce concours, relevant de l'Office National de Recherches et Inventions, a été ouvert sur la demande du Ministre Résident Général de Tunis, M. Lucien SAINT, et la question posée était la suivante :

« Construire un appareil utilisant la chaleur solaire, pour distiller 100 litres d'eau par journée d'été ».

Il a suscité aussitôt des recherches importantes de MM.

POULAIN et GINESTOUS à Tunis, du Médecin Colonel PASTEUR au Maroc, et de M. POUGET. Mais leurs premières suggestions ne furent pas retenues par le Jury du concours qui, dans son premier rapport (1926), accorda seulement aux trois auteurs une allocation de 500 francs chacun pour les aider à poursuivre leurs essais.

MM. POULAIN et GINESTOUS et le docteur PASTEUR avaient d'abord pensé, en se souvenant des expériences de CROVA et de MOUCHOT, à utiliser des miroirs.

Leurs deux appareils ne manquaient pas d'ingéniosité mais, pour les raisons que nous avons vues, ils ne pouvaient donner une solution réellement pratique à la question posée. De même, la solution de M. POUGET, qui utilisait le vide par ébullition préalable, ne rentrait pas dans le cadre du concours. C'est à ce moment que M. MAURIN remit au jour le châssis WILSON et voulut voir ce que donnerait, sous le climat de Paris, un appareil simple basé sur le même principe.

Lui et M. BRAZIER, Directeur de l'Observatoire du Parc Saint-Maur, ont installé à cet observatoire une « cuve peu profonde, en tôle, fermée par un couvercle, dont la partie supérieure est une lame de verre, inclinée par rapport à l'horizontale. Au-dessous du bord inférieur de la lame de verre et à l'intérieur de la cuve, est une gouttière légèrement inclinée, aboutissant à un ajutage extérieur ».

Les dimensions de l'appareil qui a servi pour ces essais sont :

Surface du bassin : 0 m² 354.

Surface utile de verre laissant passer les rayons : 0 m² 32.

Pente du verre : 23 %.

La hauteur de l'eau dans la cuve est de quelques centimètres.

Ce premier appareil d'essai étant, d'une part, construit en tôle galvanisée, d'autre part, posé directement sur le sol, et, enfin, nullement calorifugé sur ses parois latérales, ne pouvait, évidemment, donner de bons rendements, mais telle était la valeur du procédé que ce premier appareil donna cependant des résultats assez encourageants pour qu'ils fussent poursuivis. (L'appareil ini-

tial a été restitué à l'Office National des Recherches et Inventions.)

Les mesures très précises ont été faites, en septembre 1926, sur la durée de l'insolation, les quantités d'eau distillée, heure par heure, les quantités de calories correspondantes et la hauteur du soleil.

Nous nous contenterons de dire, en ramenant au mètre carré les quantités d'eau distillée, bien qu'un petit châssis donne proportionnellement moins d'eau qu'un grand, que le maximum donné par une belle journée du 10 septembre 1926 fut de 1.083 gr. pour 7 h. 15 d'insolation directe. On constatait, en outre, que l'eau distillait pendant les heures d'insolation, mais, aussi aux autres heures et même pendant la nuit.

C'est alors que M. Jules RICHARD, Directeur de l'Institut Océanographique de Monaco, commença à s'intéresser à la question et voulut voir quels résultats on pourrait obtenir à Monaco par 43° 44' de latitude Nord en comparaison de ceux obtenus près de Paris par 48° 49'. Il a donné, dans une courte note (1), les résultats de ces premiers essais. Tandis qu'on avait, le 10 septembre 1926, à Saint-Maur, 1.083 gr. au mètre carré, on avait à Monaco, le 10 septembre 1927, 2.452 gr. avec un appareil en bois, de petites dimensions. On voit que la différence est fort appréciable.

En 1928, M. GINESTOUS, chef du Service Météorologique Tunisien, a publié un très intéressant mémoire (2) sur un dispositif très semblable au précédent, mais complété par un régulateur muni d'un trop plein, de façon à obtenir un niveau constant de l'eau à distiller. Le châssis de M. GINESTOUS, qui a 0 m² 69 de surface d'insolation, a donné les résultats suivants, en centimètres cubes, par jour et par mètre carré :

(1) J. RICHARD. « *Sur la distillation des eaux salées au moyen de la chaleur solaire* ». (Recherches et Inventions n° 160, décembre 1927, pages 474-475.)

(2) GINESTOUS. « *Epuraton de l'eau par la chaleur solaire* ». Congrès de l'eau. Alger 1928. (Direction générale des Travaux Publics à Tunis, 1928).

21 août 1927.....	2.933	—	26 août 1927.....	3.159
22 —	1.811	—	27 —	3.159
23 —	4.043	—	28 —	3.130
24 —	3.113	—	29 —	3.043
25 —	3.376	—	30 —	2.572

Il est probable que le chiffre de 4.043 est le seul obtenu par une vraiment belle journée. Il montre que Tunis, par sa latitude, qui est de $36^{\circ} 46'$, et, à plus forte raison, le sud tunisien, donneront, comme c'était à prévoir, un rendement notablement supérieur à celui obtenu à Monaco où le 28 août 1928, une belle journée ne donnait que 3.024 centimètres cubes.

A l'intérieur de son châssis, M. GINESTOUS a vu le thermomètre monter à 68° , le 31 juillet, à 16 heures (à Monaco, on a observé jusqu'à 74° , le 16 juillet 1928, à 11 heures 50').

M. GINESTOUS a établi ensuite, pour répondre à la question posée par le Concours de l'Office National des Recherches et Inventions, le projet d'une installation de 60 m² pour la distillation des eaux salées dans le sud tunisien; cependant que le Médecin-Colonel Félix PASTEUR, de l'Hôpital militaire du Val-de-Grâce, se mettait à chercher, dans une voie un peu différente, celle de l'utilisation de la chaleur solaire par les couples thermo-électriques (1).

Au début de 1929, le docteur J. RICHARD a publié de nouvelles expériences faites à l'Institut Océanographique de Monaco (2). Il a fait des essais avec deux appareils, l'un en bois, l'autre en ciment. L'appareil en ciment lui a donné de 45 à 67 % de moins que l'appareil en bois et, cela, en fonction des quantités distillées. En effet, la chaleur est perdue au fur et à mesure pour élever l'appareil à la température maxima et l'appareil en ciment est évidemment plus lourd, il absorbe beaucoup plus de chaleur que l'appareil en bois et il est meilleur

(1) Docteur F. PASTEUR. « *Etude du rendement des couples thermo-électriques chauffés par la radiation solaire* ». (18 juin 1928.)

(2) Docteur RICHARD. « *Extraction de l'eau douce des eaux salées et de toutes substances aqueuses, au moyen de la chaleur solaire* ». (Recherches en Inventions, n° 173. Janv.-fév. 1929, page 18.)

conducteur, donc moins bon pour l'échauffement d'un milieu clos.

Le docteur RICHARD note aussi ces différences entre Tunis et Monaco, qu'il attribue, comme précédemment, à la latitude plus basse de Tunis :

Tunis. — 21-30 août 1927 : 3.128 gr. par jour et mètre carré.

Monaco. — août 1928 : 2.967 gr. par jour et mètre carré.

Tunis. — 28 jours en juin 1928 : 85 litres 291, soit 3.046 gr. par jour et mètre carré.

Monaco. — 30 jours en juin 1928 : 103 litres 976, soit 3.466 gr. par jour et mètre carré.

Enfin, il fait mention de la possibilité d'extraire de l'eau douce, à l'abri des poussières et des insectes, de toutes sortes, des substances aqueuses, des eaux contaminées ou polluées, de boue ou de terre humide, et même d'organismes végétaux et animaux.

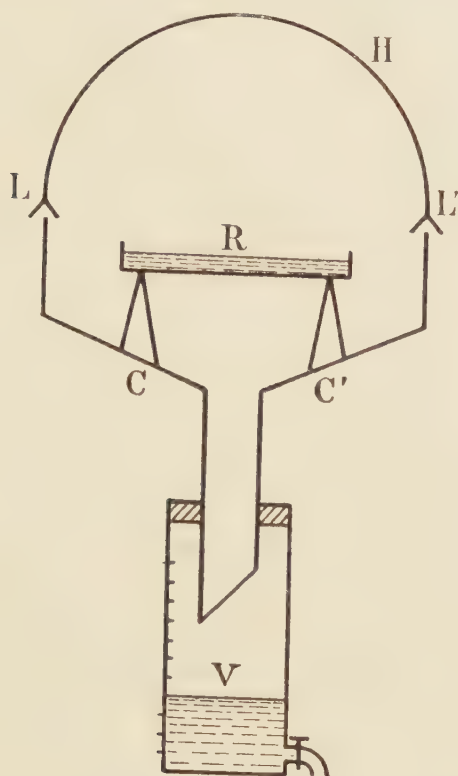
À la même date, M. C.-E. BRAZIER, Directeur de l'Observatoire du Parc Saint-Maur, publiait les essais réalisés en septembre 1928, à l'Observatoire de l'Institut de Physique du Globe (1). Après avoir rappelé ses premiers essais, il décrit trois dispositifs de laboratoire, de dimensions réduites, qui lui permirent d'arriver à un certain nombre de conclusions, concordantes d'ailleurs avec celles de M. GINESTOUS et du docteur RICHARD :

PREMIER APPAREIL. — Un réservoir R, en zinc, de 1 millimètre d'épaisseur, d'une surface de 165 centimètres carrés, d'un diamètre de 145 millimètres, d'une hauteur de 30 millimètres, repose sur des cales en liège C et C', au milieu d'une sorte d'entonnoir en même métal que R.

Cet entonnoir pénètre dans une éprouvette graduée V; au-dessus du réservoir, une calotte de verre H, de 1 mil-

(1) C.-E. BRAZIER. « *La distillation de l'eau par la chaleur solaire dans les appareils fixes à couvercles de verre* ». (Recherches et Inventions, janvier-février 1929, page 20-23.)

limètre 7 d'épaisseur, de 155 millimètres de diamètre extérieur, pourvue d'une collerette L-L', qui écarte de l'entonnoir l'eau résultant des condensations nocturnes.



2° APPAREIL. — Il ne diffère du premier que par des détails secondaires.

3° APPAREIL. — Il est semblable au second, mais la calotte H est remplacée par un cylindre en zinc, coupé en biseau, lequel biseau supporte une vitre épaisse (1 mm. 8) inclinée au sud à 21° sur l'horizon.

Les trois appareils étaient disposés sur une table en marbre blanc. Il y en avait toujours deux en fonctionnement au même moment, l'un qui servait de témoin (l'appareil du premier modèle) et qui était ramené chaque matin au lever du soleil, dans le même état que la veille; l'autre, qui supportait, au fur et à mesure des expérien-

ces, les nouvelles modifications. La différence entre les quantités distillées montrait la valeur des modifications. Cette méthode permettait de ne pas tenir compte de la durée d'insolation et de son intensité, ni des autres facteurs météorologiques, et elle pouvait servir tant qu'on ne déterminait pas la fraction d'énergie incidente utilisée pour produire la distillation.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

1° Trois essais avec :

I de l'eau de marne filtrée.

II la même eau additionnée de 50 cent. de nigrosine par litre,

III la même eau que I, mais avec noircissement des parois intérieures et extérieures du réservoir.

I-II-III, ont donné les mêmes quantités distillées quand l'épaisseur de l'eau dans le réservoir est de 25 millimètres.

Le III a donné des quantités supérieures, quand les hauteurs sont inférieures à 25 millimètres : de 25 à 30 % de plus si elle est réduite à 1 centimètre; et des quantités inférieures ou peu différentes si elle dépasse 25 millimètres.

Le II a donné le même résultat quand la hauteur dépasse 25 millimètres et il a donné moins que le III avec moins de 25 millimètres, ainsi qu'un léger entraînement de colorant.

Donc, il faut préférer un enduit absorbant, bien fixé sur les parois, à une matière colorante noire dissoute dans l'eau.

2° Le système de l'appareil dont le couvercle est constitué par une sorte de cylindre tronqué obliquement par la lame de verre : cet appareil donne 40 % de moins que les autres, ce qui est visiblement dû à l'ombre portée par le cylindre en zinc à l'intérieur de l'appareil.

Comme les appareils à calottes hémisphériques en verre sont très onéreux et qu'on ne peut envisager une grande installation de ce type, il faut donc adopter le châssis Harding en toit et utiliser un angle d'inclinaison de 45 % ou davantage pour augmenter la surface de condensation et de refroidissement par l'air.

3° La distillation nocturne est, cette fois, à peu près nulle. Au contraire, en 1926, elle atteignait le tiers de la

distillation diurne. Ceci venait de la chaleur cédée pendant le jour au sol sur lequel reposait l'appareil initial, chaleur que ce sol restituait à l'appareil après la tombée du jour. Tandis qu'ici, l'éprouvette graduée est libre dans l'air et non calorifugée, ce qui empêche une semblable récupération.

4° Si l'on s'en rapporte aux quantités de calories reçues par une surface normalement orientée aux rayons solaires, on voit que c'est de 50 % que le rendement de l'appareil est augmenté lorsqu'on effectue l'isolement thermique du réservoir sur les cales de liège.

5° L'appareil à calottes hémisphériques dont le réservoir est noirci et isolé sur un liège de 1 centimètre d'épaisseur, donne trois fois plus que l'appareil primitif.

Dans ces conditions, on peut calculer qu'il y a 40 % de la chaleur incidente utilisée.

6° Voici le calcul approximatif de la surface d'insolation nécessaire pour obtenir, en toute saison et, en moyenne, au moins 100 litres d'eau distillée par 24 heures, sous le climat de Paris :

Mi-mars.	70 m ² 6
Mi-juin	30 m ² 3
Mi-novembre.	50 m ² 2
Mi-décembre.	308 m ² 26

Ces surfaces sont déjà importantes et il est certain que ce mode de purification de l'eau ne peut être nettement avantage que dans les régions très ensoleillées qui, précisément, manquent souvent d'eau.

C'est ainsi que M. BRAZIER a fait le calcul théorique des mêmes surfaces nécessaires pour obtenir les mêmes quantités dans la région des chotts tunisiens.

Il trouve :

Pour la mi-mars	36 m ² 4
Pour la mi-juin	21 m ² 6
Pour la mi-septembre.	28 m ² 9
Pour la mi-décembre	48 m ² 8

donc, une installation de 50 m², ce qui n'est pas prohibitif pour une installation fixe; d'autant plus que : « l'eau pourrait être montée, dit M. BRAZIER, par un dispositif dérivé de la pompe solaire de SALOMON DE CAUS.

En mars de la même année, le docteur J. RICHARD

publia dans *La Nature* (1), d'abord, puis dans le *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco* (2), une très importante étude faisant le point pour toute cette question, à cette date.

Après avoir rappelé les premiers essais, les siens et ceux des autres chercheurs, il décrit l'appareil auquel il s'est finalement arrêté. C'est un modèle de châssis en bois, allongé, d'environ 2 m. de long, couvert par deux vitres inclinées à 20°, placées bout à bout, de 3-4 millimètres d'épaisseur et offrant chacune 0 m. 995×0,515 de surface libre aux rayons solaires, soit 1 mètre carré 0248 de surface totale, et sur la construction duquel nous donnons des détails très précis.

Cet appareil était installé sur la terrasse du Musée Océanographique, à environ 80 m. au-dessus du niveau de la mer.

Voici les résultats obtenus en ne tenant compte que des belles journées :

26 février 1928.....	1.854	30 juillet 1928.....	4.039
17 mars —	2.165	1 ^{er} août —	3.961
29 — —	2.800	8 — —	3.512
9 avril —	3.219	13 — —	3.415
12 — —	3.444	18 — —	3.366
17 — —	3.483	25 — —	3.024
25 — —	3.610	31 — —	2.634
8 mai —	3.727	15 sept. —	2.606
9 — —	4.019	24 — —	2.429
18 — —	4.352	1 ^{er} octob. —	2.244
27 — —	4.264	10 — —	1.994
13 juin —	4.274	23 — —	1.659
21 — —	4.498	4 nov. —	1.317
22 — —	4.430	18 — —	1.258
23 — —	4.390	26 — —	927
24 — —	4.205	2 déc. —	878
30 — —	4.137	16 — —	829
6 juillet —	3.922	24 — —	780
23 — —	4.098		

(1) Docteur J. RICHARD. « *Distillation de l'eau par la chaleur solaire* » (*La Nature*, n° 2.804, 1^{er} mars 1929, pages 196-203, 4 fig., 2 pl.).

(2) Docteur J. RICHARD. « *Sur un procédé pour extraire l'eau douce des eaux salées ou polluées de toutes les substances aqueuses et même de l'atmosphère, au moyen de la chaleur solaire* ». (*Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, n° 535, du 5 avril 1929, pages 1 à 37, 7 fig.).

On voit nettement monter, puis décroître la quantité d'eau distillée suivant la durée de l'insolation et la hauteur du soleil aux différentes saisons.

Le docteur RICHARD a constaté que, pour des journées en apparence également belles, les quantités d'eau distillée diffèrent parfois notablement, ce qui tient sans doute à des états hygrométriques différents ou à la présence de nuages invisibles.

On a déjà observé le même fait avec les actinomètres. Ainsi, le 18 mai, on a 4.352, alors qu'avec un temps en apparence aussi beau et dans une période plus chaude on a 4.146 le 11 juin; le 26 mai 1928, on n'a que 3.961, et le 27 mai, 4.243 par des journées de même apparence.

La liste précédente montre que d'avril à fin août on a 3 litres ou plus par jour et 4 litres ou plus des premiers jours de mai aux premiers jours d'août.

Voici maintenant les quantités totales d'eau distillée obtenues en 1928, à Monaco.

Mars.	35 l. 155	1 l. 134
Avril	65 l. 197	2 l. 173
Mai.	90 l. 958	2 l. 934
Juin	103 l. 976	3 l. 466
Juillet	103 l. 140	3 l. 327
Août.	89 l. 022	2 l. 967
Septembre.	50 l. 929	1 l. 643
Octobre.	38 l. 314	1 l. 277
Novembre	22 l. 064	0 l. 788
Décembre	15 l. 742	0 l. 503

Total pour les 10 mois..... 614 l. 497 pour 1 m².

Si l'on compare ces résultats avec ceux que venait de publier M. BRAZIER, on voit qu'au Parc Saint-Maur les quantités d'eau distillée sont de beaucoup inférieures à celles de Monaco.

Ce genre d'appareil distillatoire ayant des applications variées, même avec des dimensions réduites inférieures à un demi-mètre carré, nous croyons bon de reproduire ici

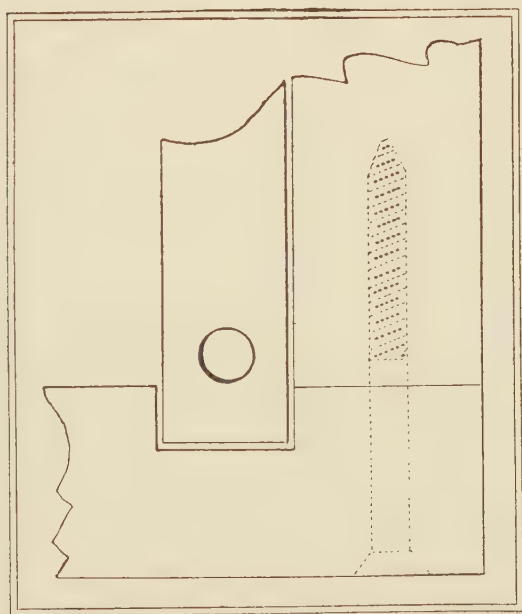
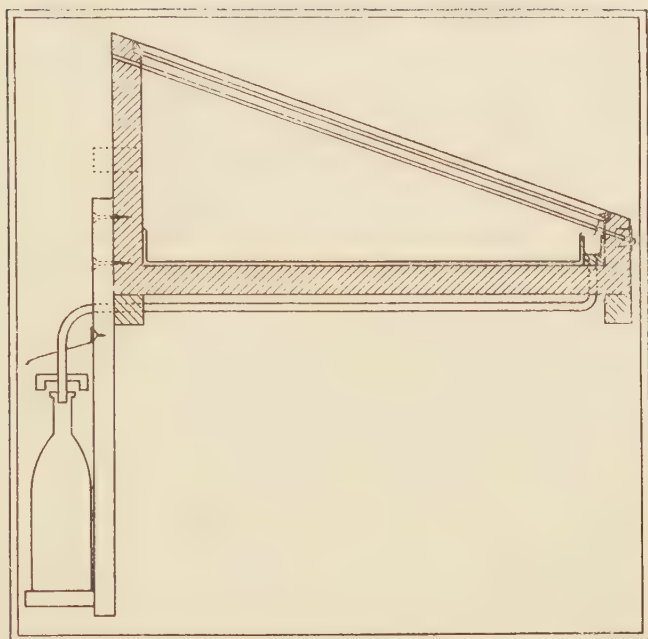
les indications pratiques qu'a données le docteur RICHARD pour sa construction :

« Nous le ferons en bois. Il sera allongé pour que les deux panneaux des extrémités soient éloignées l'un de l'autre; de cette façon leur ombre portée sur le fond du châssis, quand le soleil n'est pas très haut, est négligeable par rapport à l'ensemble de la surface du châssis. L'appareil sera relativement étroit, parce qu'ainsi les verres, appuyés sur leurs grands côtés, sont moins fragiles et la hauteur de l'appareil moindre. Le bois ne sera pas peint à l'intérieur, mais teint en noir pour mieux absorber la chaleur solaire; l'extrait de campêche avec l'alun ou le sulfate de fer, ou simplement l'encre ordinaire ou des encres noircissant à la lumière, conviennent également.

Comme le bois jouera au soleil, les planches devront être bouvetées et les joints bouchés. La surface extérieure du bois sera peinte soigneusement (1) et entretenue en bon état, ainsi que le mastic. On attendra que tout soit bien sec avant de mettre le châssis en fonctionnement. Il faut savoir que l'eau distillée entraîne des parties volatiles de la peinture et du mastic avec lesquels la vapeur chaude peut être en contact; cette eau peut être ainsi rendue très désagréable à l'odorat et au goût, au moins pendant un certain temps. C'est pourquoi les précautions indiquées par le docteur RICHARD ne sont pas inutiles. Il faut surtout éviter l'essence de térébenthine et les substances (peinture notamment) qui en contiennent. On peut faire le mastic avec l'huile de lin crue, sans siccatif, ou avec l'huile d'œillette de bonne qualité. Ces substances volatiles peuvent du reste disparaître par une exposition suffisante du liquide à l'air.

Le docteur RICHARD ajoute que l'on peut imaginer des dispositifs variés pour recueillir l'eau condensée sous les vitres et l'amener au récipient choisi. Comme les vitres sont inclinées vers le soleil et que la longueur du châssis

(1) Une couche de solignum brun foncé aurait, paraît-il, en outre l'avantage de préserver le bois contre les moisissures et contre les insectes (Agence Solignum, 9, rue des Arènes, Paris, 5^e).



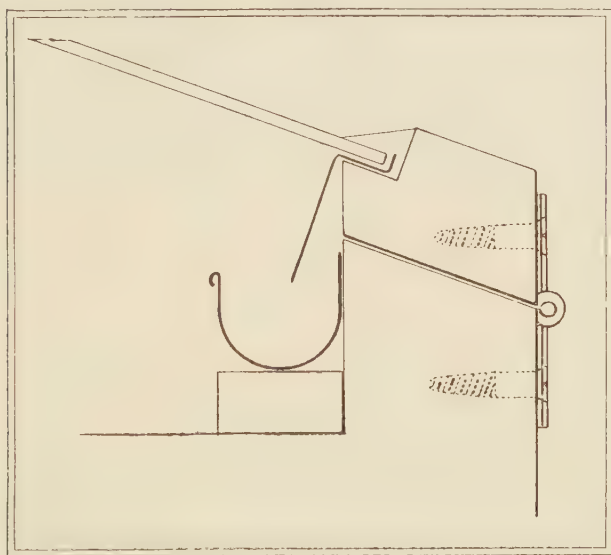
est normale à la ligne nord-sud, il est indiqué de mettre le récipient à l'ombre du châssis en faisant passer le tube d'amenée par-dessous le châssis, comme on peut le voir sur le dessin et les photographies que nous donnons. Le tube et le récipient sont ainsi à l'air et à l'ombre. La gouttière doit être nettement plus longue que la vitre afin que l'eau condensée ne puisse pas couler hors de la gouttière, par défaut d'horizontalité du châssis par exemple. Dans la paroi postérieure un orifice muni d'un bouchon permettra l'introduction du liquide à distiller, au moyen d'un entonnoir à tube de caoutchouc. Dans les châssis ouvrants on versera l'eau directement dans le bassin. La gouttière, la lame amenant l'eau du bas de la vitre dans la gouttière, le récipient du liquide à distiller devraient être en métal inaltérable, tel que certaines tôles de fer chromé, ou en étain pur, car les eaux salées attaquent les autres métaux usuels; pratiquement, le zinc sera le plus souvent employé. On renoncera au plomb qui s'oxyde facilement à la chaleur humide au contact de l'eau distillée; le fer y est promptement détruit. Nous avons vu précédemment que dans la grande installation de Salinas l'eau, très salée, était à même le bois et les gouttières étaient en bois aussi.

Dans la plupart des cas il est avantageux que le couvercle du châssis soit à charnière, celle-ci placée en avant, de façon à ouvrir en se tenant contre la paroi postérieure du châssis. Une bande de feutre de 1 à 2 millimètres d'épaisseur assurera une étanchéité suffisante. Le bassin en zinc de 3 à 4 cm. de profondeur sera amovible.

Il va sans dire que la surface extérieure des vitres doit être entretenue soigneusement propre, en particulier à cause de l'opacité de la poussière dont une couche mince suffit pour réduire beaucoup le rendement du châssis. De même, il faut éviter l'introduction de corps gras qui, en surnageant un liquide, font obstacle à l'évaporation.

Le docteur RICHARD constate lui aussi qu'une autre condition de bon rendement est de ne pas mettre dans le châssis une quantité de liquide beaucoup plus grande que le maximum qu'il peut évaporer dans une journée, de façon à concentrer toute la chaleur sur la quantité

qui doit être évaporée. Ainsi, si dans la journée le soleil vaporise au maximum une couche de 5 millimètres d'eau, il conviendra de ne mettre que 10 millimètres d'eau et non pas 40 millimètres ou plus. L'expérience aura vite indiqué l'épaisseur convenable. A Monaco, où le maximum d'eau distillée a été de 4.498 gr. par mètre carré et par jour, il suffit de 10 millimètres d'eau dans le bassin (ce qui fait 10 lit. par mètre carré).



Il suffirait même d'en mettre 6 mm. si on pouvait avoir l'horizontalité parfaite du récipient.

L'expérience montre que, de deux châssis semblables, celui dont la vitre est le plus mince distille plus que l'autre. Ainsi, le 10 octobre 1927, un châssis distille 1.561 au mètre carré avec une glace de 8 millimètres, tandis que celui dont la glace a 3 millimètres distille 1.651. La différence croît avec l'augmentation de la chaleur solaire. Mais le contraire arrive quand le soleil fait défaut. Ainsi le châssis à vitre de 8 millimètres donnant 236 gr. au mètre carré le 15 octobre 1927 par un fort vent d'est,

le ciel étant tout couvert, tandis que le châssis à vitre de 3 millimètres ne donnait que 145 gr. Cela tient sans doute à ce que la glace de 8 millimètres empêche l'équilibre de température de s'établir aussi rapidement avec l'extérieur. L'égalité des rendements semble avoir lieu, dans le cas de ces deux châssis, aux environs de 640 gr., car le 20 octobre le châssis à glace épaisse donnait 653 gr. et l'autre 635 au mètre carré. Comme l'intérêt est d'opérer avec le plus beau soleil possible, il est indiqué d'employer des verres minces, mais à cause de leur fragilité, on est obligé de ne pas leur donner moins de 3 millimètres. On pourra, dans certains cas, recourir à la protection du grillage, ou à l'emploi de verres armés (ou du genre triplex).

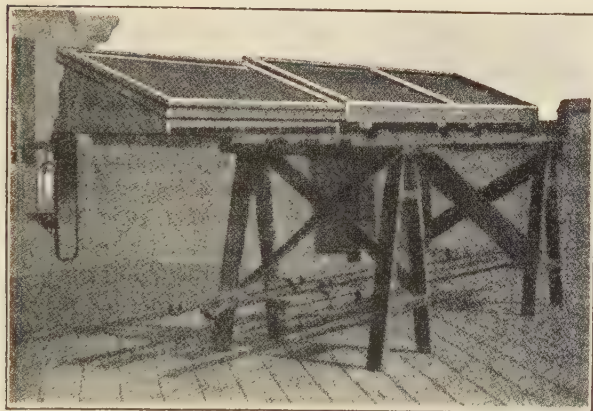
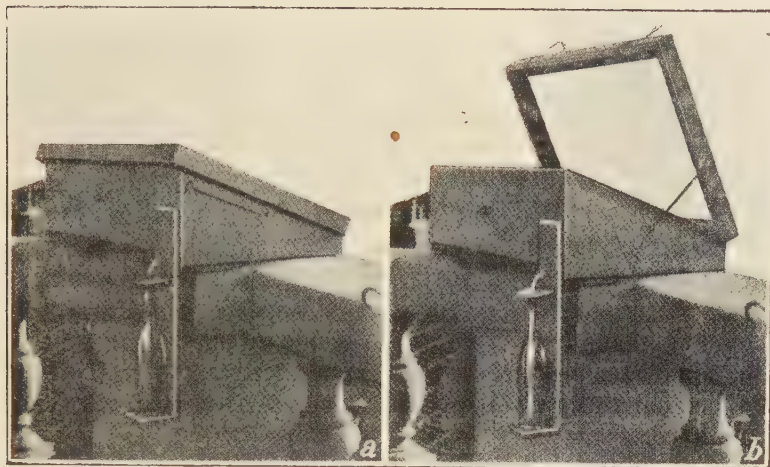
Disons encore, à titre documentaire, qu'on pourrait sans doute augmenter la concentration de la chaleur solaire en mêlant au liquide de la poudre de charbon de bois, ou en réfléchissant la chaleur solaire sur le liquide au moyen de miroir situé dans le châssis, contre sa paroi postérieure.

Le châssis distillateur a ceci d'intéressant qu'il peut être pratiquement utilisé sous différentes grandeurs suivant les besoins. On peut obtenir ainsi facilement l'eau distillée nécessaire pour faire et entretenir le liquide des accumulateurs électriques, des radiateurs d'automobiles, pour les solutions photographiques, les dilutions limpides de l'alcool, etc...

Le petit vapour du Musée, l'*Eider*, étant muni d'un condenseur, il suffit de 3 m² de châssis pour alimenter toute l'année sa chaudière en eau distillée, à la place de l'eau calcaire du pays.

Pour de grandes installations, on disposera des groupes de châssis aussi bien nivelés que possible pour distribuer à tous la hauteur d'eau convenable et rangés de façon à simplifier les tuyautages d'aménées des eaux à distiller et de départ des eaux distillées. L'écartement des groupes sera tel que l'entretien en soit facile et que tous reçoivent également les rayons solaires.

Nous avons constaté que la forme allongée, dont nous avons donné le schéma et des photographies, avec la vitre inclinée à 20°, convient bien à notre latitude. Cette pente



est celle qui laisse le mieux pénétrer les rayons à l'époque du meilleur rendement; elle est normale à la hauteur maxima du soleil (env. 70°).

AMELIORATIONS APORTEES AU MODELE WILSON INITIAL

Nous avons vu que l'appareil WILSON était à double vitre inclinée. M. le docteur RICHARD n'a pu trouver dans le mémoire de HARDING de données précises sur son orientation. Il pense que l'arête séparant les deux pentes est dans le plan nord-sud. Mais quelle que soit cette orientation, le châssis à double pente est à rejeter. Voici en effet les résultats obtenus avec les deux modèles :

	Type Wilson f M²	Type adopté f M²	Pourcentage en faveur du type adopté
10 février 1928.....	557	810	32 %
11 — —	466	551	9 %
12 — —	817	1.293	37 %
13 — —	855	1.351	37 %
14 — —	567	752	25 %

On voit que le pourcentage en faveur du modèle de M. le docteur RICHARD diminue à mesure que la chaleur solaire diminue elle-même, et s'élève à mesure que cette chaleur augmente. Il est déjà de 37 % pour un rendement de 1.300 gr. au mètre carré. Le modèle WILSON donnerait donc en été encore beaucoup moins que celui du docteur RICHARD. C'est ce qui explique que dans des conditions aussi favorables que celles où est Salinas, le modèle WILSON ne donne en été qu'une moyenne de 4 lit. 8 par jour et par mètre carré, ce qui doit être à peu près le rendement de chaque jour, vu l'uniformité du climat; or, le maximum obtenu à Monaco a été très voisin du chiffre précédent, soit 4 litres 498; la grande différence dans les situations respectives des deux localités exige une beaucoup plus grande différence de rendement, dépassant peut-être 50 %.

Aussi, après l'expérience des 10-14 février 1928, relatée plus haut, le docteur RICHARD a promptement abandonné le modèle WILSON.

Ces observations expliquent encore la différence marquée entre les températures obtenues par HARDING à Salinas dans l'intérieur de son appareil, et celles que le docteur RICHARD a obtenues dans le sien. D'après HARDING, cette température variait, à midi, de 42° 22 à 47° 78 (140 à 150° Fahrenheit), l'air étant à 26° 67 à l'ombre.

Avec un enregistreur FOURNIER, dont le réservoir est abrité du soleil direct par un écran de bois placé à 2 cm. au-dessus, nous avons eu des températures bien supérieures. Le maximum a été atteint le 6 juillet 1928, à 11 heures 50 (heure normale, peu après le midi solaire), avec 74° et 31° 1 comme température de l'air à l'ombre; le 20 juillet 1928, à 12 h. 40, on atteignait 70° 7 pour 28° 8 de l'air à l'ombre; on a souvent obtenu plus de 66°. De son côté, M. GINESTOUS a obtenu 68° le 31 juillet 1927, à 16 heures, à Tunis. Nous sommes donc loin des 42° et 47° de HARDING.

APPLICATIONS MULTIPLES DU CHASSIS

Dans ces châssis, la distillation se faisant sans ébullition et, par suite, sans entraînement de particules d'eau non distillée, comme cela arrive dans les bouilleurs trop poussés, ces appareils se prêtent très bien à la distillation de l'eau de mer pour obtenir de l'eau douce.

L'eau salée, ayant une chaleur spécifique d'autant plus faible que celle de l'eau pure qu'elle contient plus de sel, s'échauffe plus vite que celle-ci. Le rendement est donc meilleur que pour l'eau douce.

Il faut éviter de laisser cristalliser les sels de l'eau de mer dans le châssis, parce que l'eau de mer concentrée et chaude attaque la plupart des métaux et parce que l'enlèvement des sels solides présente des difficultés. Il est préférable de ne pas les laisser se déposer et de renouveler à temps l'eau salée. Ce renouvellement sera plus fréquent avec les eaux très chargées, comme celles de

Salinas qui contiennent 140 gr. de sel par litre, et au contraire beaucoup moins avec les eaux du sud tunisien, par exemple, qui ne contiennent que de 2 à 6 gr. de résidu sec par litre, mais que leur teneur en sulfate et en chlorure de magnésium empêchent absolument d'être potables. Quant à l'eau de la Méditerranée, admettons 38 gr. par litre pour sa teneur en sel; supposons-en une épaisseur de 10 millimètres dans un châssis et que chaque jour le soleil évapore une couche de 5 millimètres (ce qui, nous le savons, est un grand maximum); remplaçons chaque jour les 5 millimètres d'eau distillée par 5 millimètres d'eau de mer; la salure augmentera constamment et les sels finiront par se déposer. M. SIRVENT a calculé qu'avant ce dépôt on peut remplacer huit fois les 5 millimètres d'eau distillée par la même couche d'eau de mer. L'expérience au laboratoire de Monaco a montré que le dépôt ne commence qu'après la neuvième évaporation de la moitié de la couche de 10 millimètres.

Il y a encore dans les pays chauds de nombreuses eaux qui gagneraient à être distillées, au point de vue de l'hygiène : eaux marécageuses, contaminées de façons variées, dangereuses à divers titres.

Mais le châssis distillateur peut rendre un autre service, c'est d'extraire de l'eau dans des conditions où les autres procédés seraient impraticables : par exemple en extraire de la vase, de la terre ou du sable humide, des diverses parties des végétaux (herbes, feuilles, fruits, bois, etc.), voire même des animaux (par exemple des sauterelles, du poisson) et de leur excreta. Il y a des cas où ce procédé rendrait certainement des services appréciables.

On peut aussi dessécher, sur des claies, à l'abri des poussières et des insectes ou des oiseaux, etc., toutes sortes de fruits, qu'on en recueille ou non l'eau qui en distille et qui peut être agréablement parfumée. Ces eaux distillées de fruits mériteraient peut-être d'être étudiées de plus près.

Pour donner une idée de l'importance des résultats qu'on peut attendre de ce procédé, il suffira de dire que, dans un lieu de pêche comme Port-Elienne, par environ

21° de latitude sud, 500 m² de verre donneraient environ 2.300 litres d'eau distillée par jour extraite de l'eau de mer; et que la même surface d'appareil pourrait dessécher 3.200 kgs de poisson en donnant 2.300 kgs d'eau douce et 900 kgs de poisson sec, par jour d'été. Cette eau extraite du poisson, quoique distillée, sentira le poisson, car l'eau absorbe facilement les odeurs.

Mais, l'eau à boire sera extraite de l'eau de mer, celle fournie par le poisson pourra servir à l'arrosage du potager.

De cette façon, Port-Etienne pourrait sans doute faire pousser ses légumes au lieu de les acheter aux Canariens et ne plus être obligé de se faire apporter l'eau de Bordeaux ou d'endroits aussi éloignés.

Les nombres que le docteur RICHARD indique sont basés sur un petit essai qu'il a fait sur un Sargus, poisson de mer qui contenait 66 % d'eau. Il ajoute qu'il serait intéressant de faire à Port-Etienne un essai préliminaire sur les espèces de poissons destinés à être séchés dans ce pays.

L'alcool dans lequel on conserve les animaux de collections devient rapidement chargé en couleur, en même temps que son degré s'abaisse. Le traitement de cet alcool dans le châssis vitré donne un alcool incolore, dont le degré est en même temps relevé; mais si l'odeur initiale persiste et rend cet alcool imbuvable, il n'en est pas moins utilisable pour les collections. C'est une méthode à recommander pour les musées, et qui a l'avantage de ne nécessiter aucune flamme.

A la suite de cette belle étude, le docteur RICHARD a reçu des observations de M. CHAMBONNIÈRE, de Montélimard :

« La condensation, lui écrivait ce dernier, doit être gênée par les rayons incidents ».

Il propose de revenir au châssis à double pente de verre, l'une des moitiés servant à la distillation, et l'autre à la condensation. La partie distillante serait orientée vers le Sud, l'autre, par conséquent, au Nord.

Au-dessus du verre servant à la condensation et qui serait peint à l'aluminium, pour diffuser plus facilement

la chaleur, on disposerait un écran parallèle au verre pour porter ombre, et cet écran serait à environ 5 cm. de la vitre, de façon à provoquer un courant d'air activant les échanges de chaleur.

Au centre du châssis, sous l'arête médiane, on aurait une cloison ne montant pas jusqu'en haut de l'appareil et constituée par une vitre épaisse doublée de liège du côté du Nord.

Le docteur RICHARD a fait remarquer aussitôt à M. CHAMBONNIÈRE que, pour que cet appareil ait un bon rendement, il faudrait que ce dernier fût doublé, puisque la surface de verre est double et qu'il y a en plus la complication des écrans. Or, au contraire, une grande partie de la chaleur servira à chauffer la deuxième partie, et le rendement sera certainement moins bon, d'autant plus que déjà le châssis simple à double pente donne de moins bons résultats, ainsi qu'il a été prouvé par expériences comparatives, à Monaco.

Il est certain que les cloisons surajoutées ne feront pas que ce modèle défectueux à l'origine soit rendu meilleur puisqu'il y aurait davantage perte de chaleur, inutilement, pour la distillation, sans compter une élévation très sensible du prix de revient.

CHAPITRE IV

INSTALLATIONS ET APPLICATIONS ACTUELLES DANS LES COLONIES FRANÇAISES

En septembre 1929, M. GINESTOUS, après avoir exposé les travaux en cours et les premiers résultats dans diverses conférences, faites à Tunis, a rendu compte à l'Office National des Recherches et Inventions, de la première installation fixe effectuée dans un poste du Sud-Tunisien.

Après avoir essayé les miroirs ainsi que nous l'avons rappelé précédemment, M. GINESTOUS a installé, sur la terrasse de la Station Centrale Météorologique de la Manoubia, à Tunis, depuis août 1926, un châssis distillateur type WILSON et HARDING, à la suite de l'heureux rappel fait la même année par M. MAURAIN et avec les adaptations pratiques définies par MM. BRAZIER et RICHARD.

Les quantités calculées par M. BRAZIER pour le Sud Tunisien, par mètre carré de surface de verre et par jour, ont été confirmées à Ben-Gardane :

Mars	2 l. 7
Juin	4 l. 6
Septembre	3 l. 4
Décembre	2 l. 0

M. GINESTOUS insiste sur le fait que le châssis distillateur est un élément complet et que, dans les groupements effectués pour obtenir un gros débit, il faut lui conserver son autonomie et son indépendance si l'on veut

conserver le rendement maximum et pouvoir pallier à un accident local de l'installation.

60 éléments ont été commandés d'abord pour Fort-Saint ; ils ont été ensuite répartis en deux lots, l'un pour Fort-Louis et l'autre pour Ben Gardane.

Au mois de mai, Ben Gardane fonctionait déjà. L'installation de Fort-Saint a été retardée par des destructions dûes au vent, des pistes dans le sable.

Voici l'installation de Ben Gardane. Elle comprend trois parties :

- 1° Un ensemble d'éléments distillateurs ;
- 2° Un bassin d'alimentation avec distributeur automatique ;
- 3° Un bassin de réception recueillant l'eau distillée.

I. — *Châssis distillateurs.*

On a disposé trois files parallèles de 10 châssis accolés, soit 9 m. 85 pour chaque file — orientées Ouest-Est — la face vitrée inclinée au Sud.

Six murettes supportent chaque file mettant le niveau de base de tout l'appareillage supérieur dans un même plan horizontal. Sur les murettes couraient deux poutres métalliques, en T, sur lesquelles étaient posés les châssis.

Chaque châssis comportait un bassin d'évaporation en tôle galvanisée d'un millimètre, peint en noir sur ses deux faces.

La canalisation d'amenée d'eau passe derrière les bassins avec un rejet pour chaque bassin et elle est dans le même plan que tous les fonds de bassin. En plus, chaque bassin possède un trou de vidange, pour le nettoyage (tous les 8 ou 15 jours) et l'évacuation des eaux concentrées en sels.

La surface vitrée est constituée pour chaque châssis par deux lames séparées par un petit bois parallèle aux montants. Cette disposition réduit les frais d'installation et plus encore les frais de réparation, en cas de bris. Enfin, les gouttières sont réunies à une canalisation qui dirige l'eau distillée vers le bassin de réception.

II. — *Bassin d'Alimentation et distributeur automatique.*

Ce bassin est disposé à l'angle nord-ouest, en avant de la première rangée. Il est en ciment armé, légèrement surélevé par rapport au plan d'alimentation des bassins d'évaporation.

Il a une contenance de 2 m³ 5. Ses dimensions sont de 1 mètre de long sur 0 m. 50 de large et 0 m. 50 de hauteur.

A l'intérieur, un compartiment médian le divise en deux cuves cubiques accolées : l'une sert à la décantation, l'autre à l'alimentation.

On remplit l'une ou l'autre alternativement, soit tous les 7 ou 8 jours et pendant que l'une fournit l'eau à l'installation, l'autre permet aux boues de se déposer, opération préliminaire indispensable.

Une canalisation en Y réunit les deux cuves avec une plus petite qui sert de distributeur. Un robinet sur chacune des deux faces permet l'écoulement de l'une ou l'autre cuve et un réglage approximatif du débit.

Le petit bassin distributeur n'est autre qu'un robinet à flotteur qui commande automatiquement le débit de l'eau dans les châssis. Le réglage du robinet à flotteur est méticuleux, mais son emploi est simple et facile. Il doit fonctionner de telle sorte que la hauteur d'eau ne dépasse jamais deux centimètres dans les châssis.

Une dalle de ciment évite l'ensablement et la pollution des deux cuves d'alimentation et de la petite cuve de distribution où se trouve le flotteur.

III. — *Bassin de réception.*

Il est disposé à l'angle sud-est de l'installation. Il est en ciment armé. Le tube collecteur d'eau distillée y arrive.

Il a un mètre cube de capacité, mais il pourrait être remplacé par une cuve plus grande si l'on voulait faire, dans certains cas, des réserves d'eau potable. Il est enfoncé en terre pour que l'eau reste fraîche. Son couvercle se trouve au niveau du sol. Il reçoit l'eau par en haut d'un côté, et la donne par en bas de l'autre.

Quatre marches permettent d'atteindre facilement le robinet de vidange.

MATERIAUX A EMPLOYER

Toutes les canalisations d'amenée et de sortie des eaux sont en fer galvanisé, de 26 millimètres, ce qui évite à la fois l'ensablement, l'évaporation et les souillures extérieures. On se souvient en effet qu'à Salinas les canalisations étaient des gouttières en bois.

Pour les châssis on a employé du bois tendre, qui est moins bon conducteur que le bois dur, en planches de 2 cm. 5 d'épaisseur. Mais il est nécessaire de garantir le bois des châssis contre la dessiccation. D'un côté la planche se trouve soumise à une humidité saturante de l'intérieur du châssis, de l'autre, à la siccité presque complète de l'air extérieur, ce qui provoquerait inévitablement des disjonctions, des fentes, etc... Aussi, ces planches reçoivent-elles deux couches de peinture : une peinture blanche à l'extérieur, noire à l'intérieur du châssis.

Les fonds et les parois latérales qui devront être en contact avec l'air extérieur sont doublés avec 10 cm. d'écart et cet écart est rempli de paille fortement tassée, ce qui protège à la fois les planches contre la sécheresse et l'appareil contre la déperdition de chaleur.

Les cloisons latérales ont été maintenues entre chaque châssis de façon à garder l'autonomie des éléments en cas d'accident. Elles contribuent d'ailleurs à augmenter l'absorption de chaleur puisqu'elles sont peintes en noir.

RESULTATS. — Dès que l'installation a été montée, elle a fourni 90 litres par jour. Le rendement a diminué un peu ensuite parce que le réglage n'a pas toujours été bien fait. Il faut très longtemps, 6 à 8 heures, pour que le niveau définitif s'établisse uniformément dans tous les châssis.

Des expériences de ce genre sont tentées actuellement à Kairouan, Gafsa, Médenine et Fort-Saint. Elles donnent, évidemment, des résultats inférieurs aux expériences de laboratoire de Tunis et de Monaco. Néanmoins, il avait été prévu 60 éléments pour fournir 100 litres à Fort-Saint et, en fait, 30 éléments ont donné, à Ben Gardane, une moyenne de 67 litres par jour.

Le Service Météorologique Tunisien a donc certainement résolu le problème de la distillation par la chaleur solaire, posé au concours de l'Office National de Recherches et Inventions sur la demande du Ministre Résident Général de Tunis, M. Lucien SAINT : « Construire un appareil utilisant la chaleur solaire pour distiller 100 litres d'eau par journée d'été ».

A la suite de ce compte rendu, le Jury du Concours a publié un deuxième rapport annonçant la clôture du Concours et l'attribution des prix.

Le rapport fait mention des travaux de MM. MAURIN et BRAZIN, de ceux de M. GINESTOUS, en particulier de l'installation de Ben Gardane, ainsi que des travaux de M. RICHARD. Il signale également l'idée ingénieuse de M. BERLAND, chef de la Station Hydrologique de Tougourt, qui propose d'amener l'eau dans le châssis par inhibition continue d'une étoffe spongieuse parallèle au verre et à peu de distance de lui. Mais, cette idée, ainsi que d'autres modifications proposées par lui et d'autres auteurs n'ont pas reçu d'applications intéressantes et n'ont pas amené de résultats nouveaux. De même que pour divers appareils conçus avec emploi du vide partiel. Le jury a donc attribué 1.500 fr. à M. GINESTOUS et 1.000 fr. à MM. RICHARD, BRAZIER et BERLAND.

A la suite de ce rapport, on pouvait considérer le résultat obtenu par M. GINESTOUS comme ayant un caractère définitif, seuls quelques détails fournis par l'expérience devant s'ajouter aux connaissances fondamentales acquises par le petit groupe de chercheurs dont nous avons parlé. Ce n'est que trois ans après, en 1932, que nous retrouvons un travail nouveau, plein d'enseignement, présenté par M. B. GUILMET, Chef du Service Météorologique Central de l'Indochine (1).

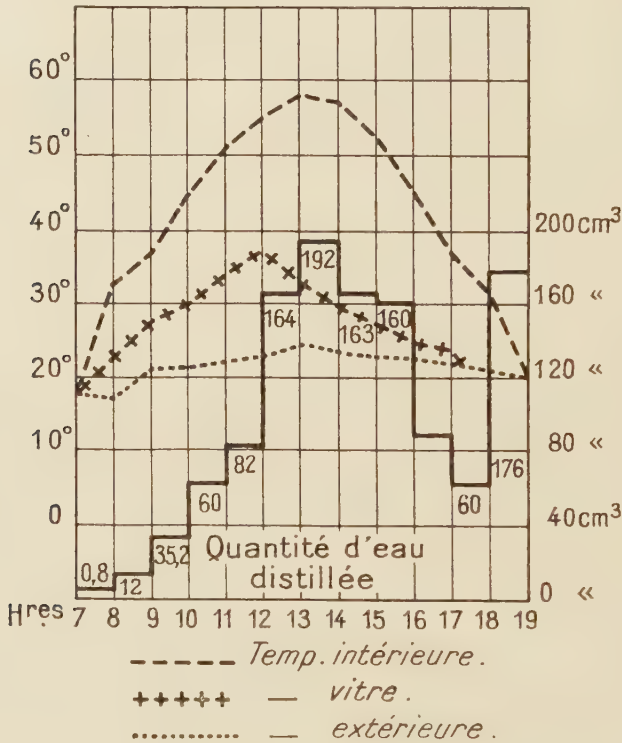
Ce mémoire très important nous donne une excellente discussion de tous les facteurs et en particulier des facteurs météorologiques qui influent sur le rendement.

M. GUILMET a retrouvé, comme les chercheurs précédents, qu'il était nécessaire d'avoir un bassin d'évapora-

(1) B. GUILMET. « Gouvernement Général de l'Indochine », Bulletin Général de l'Instruction Publique. 12^e année, n° 4, déc. 1932.

tion, peint en noir mat, sans faire usage d'huile siccativ ; que seul le bassin d'évaporation devait être en métal.

Il préconise l'allongement latéral du châssis pour éviter les ombres portées par les parois. Il retrouve la nécessité d'un niveau d'eau automatique d'environ 15 millimètres, dans le bassin d'évaporation et d'une vitre qui n'ait pas plus de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.



Il propose de donner comme inclinaison à la vitre celle de la latitude du lieu où l'on a l'intention d'installer des châssis.

Il constate aussi que, grâce à l'accumulation de la chaleur dans le châssis, la condensation se poursuit après le coucher du soleil jusqu'à égalisation des températures externes ou internes.

Il nous donne enfin un exposé des principes physiques sur lesquels repose l'appareil. Cette distillation est basée sur le fait que le verre est facilement traversé par les radiations lumineuses et obscures émises par un corps à haute température (soleil) et moins facilement traversé par les radiations calorifiques obscures d'un corps à basse température (l'intérieur du châssis).

Quelle est la quantité d'énergie que reçoit le châssis distillateur et sous quelle forme ? s'est ensuite demandé M. GUILMET.

Cette énergie est représentée par la radiation solaire, mais encore faut-il ici une distinction. En effet, on donne le nom de radiation globale à l'ensemble de la radiation solaire directe et de la radiation diffusée par la voûte céleste.

Cette radiation est évaluée en calories-grammes par centimètres carrés, pour une surface horizontale et sa moyenne journalière pour les différentes régions du globe terrestre est comprise entre 250 et 350 calories-grammes par centimètre carré.

La radiation solaire directe était, jusqu'à ces dernières années, seule considérée comme importante, mais ce n'est pas vrai pour tous les pays et particulièrement au Tonkin où la nébulosité moyenne est assez forte. Son intensité propre dépend des conditions atmosphériques et de la situation géographique. Par exemple, pour des hauteurs zénithales identiques, la radiation directe est plus faible sur les Océans des régions tropicales que sur ceux des régions tempérées ou septentrionales. D'autre part, elle est plus forte à une certaine altitude qu'au niveau de la mer et plus forte aussi dans les régions continentales que dans les régions océaniques.

Ces notions sont très bien résumées dans le tableau de M. GORCZYNSKI, indiquant les valeurs maxima réduites à une même distance zénithale, égale à 48° et à la distance moyenne de la terre au soleil :

a) OCÉANS ET MERS Max. Q. ($= 48^\circ$)

Régions tropicales (Sud-Atlantique) : 1,24 calories.

Zone tempérée (Nord-Atlantique) : 1,35 calories.

b) RÉGIONS CONTINENTALES, SITUÉES PRÈS DU NIVEAU DE LA MER.

Plaines Européennes : 1,42 — Sahara : 1,52.

c) MONTAGNES :

Altitudes :

1 k. 5	1,56	2 k. 0	1,61	2 k. 5	1,63
3 km	1,64	4 km	1,65	5 km	1,66

La vapeur d'eau, l'ozone, et ses poussières atmosphériques que l'on a réunies sous le nom de trouble atmosphérique ou « dust effect », absorbent les radiations dans des proportions variables et réduisent leur intensité.

Le facteur le plus important est la vapeur d'eau. En effet, pour une tension de 19 mm. de HG au niveau de la mer, lorsque le soleil est au zénith, la perte atteint 21 % de la constante solaire. C'est ce qui produit cette diminution sensible d'intensité qu'on constate dans les régions océaniques.

Néanmoins, c'est la radiation solaire directe, qui fait surtout fonctionner le distillateur et c'est son intensité qui incitera ou non à l'emploi des châssis WILSON.

La radiation de la voûte céleste, quoique moins importante évidemment que la radiation solaire directe, n'est tout de même pas négligeable. Même lorsque le ciel est très pur, une partie de la radiation solaire globale est due à la radiation diffusée.

Le rapport de la radiation directe avec la radiation globale décroît quand la hauteur du soleil croît au-dessus de l'horizon. Il est égal à 50 % environ quand le soleil est à 15° au-dessus de l'horizon et 3 à 5 % seulement quand le soleil est au zénith. Lorsque le ciel est nuageux, l'importance de la radiation diffusée devient très grande du fait des réflexions sur les nuages. Il arrive parfois que la radiation globale soit très supérieure à la radiation solaire directe. En tout cas, lorsqu'on a un ciel complètement couvert, seule la radiation diffusée parvient au sol et provoque la distillation.

On obtient des quantités d'eau distillée variables avec l'état du ciel et les nuages, mais jamais nulles, comme le montre ce tableau.

Etat du ciel	Peu ou très peu nuageux	Peu nuageux	Nuageux	Ciel couvert			
				Nuages supérieurs	Nuages moyens	Nuages inférieurs	Stratus bas T. pluie
Mois							
Janvier	2.000	1.600	0.700	1.200	0.900	0.400	0.040
Février	2.200	1.600	1.000	—	1.100	0.400	0.040
Mars	2.400	1.400	1.000	—	1.200	0.500	0.040
Avril	2.600	2.000	1.400	1.600	1.400	0.600	0.040
Mai	2.800	2.500	2.000	1.800	1.800	0.700	0.240
Juin		2.600	2.000	2.200	2.000	0.800	0.400
Juillet	—	2.600	2.000	2.000	1.800	0.700	0.400
Août	—	2.400	2.000	1.800	1.600	0.700	0.300
Septembre ...	2.400	2.200	1.600	1.800	1.400	0.500	0.200
Octobre	2.400	2.200	1.600	1.800	1.200	0.500	0.200
Novembre ...	2.400	2.200	1.600	1.800	1.200	0.500	0.200
Décembre ...	1.800	1.600	1.400	1.600	1.200	0.400	0.040

Ces chiffres expriment le nombre de litres d'eau distillée, obtenus par jour, en fonction de mètres carrés de châssis

En résumé :

1° La radiation solaire globale est seule à considérer pour le fonctionnement de l'appareil.

2° La radiation solaire directe doit être forte pour obtenir les quantités intéressantes.

RENDEMENT THEORIQUE. — On peut calculer ce rendement théorique sur la base de 300 calories-grammes reçues par centimètre carré, et par 24 heures, sur une surface de 1 mètre carré, ce qui nous fera 3.000.000 de calories-grammes reçues.

Si toutes ces calories sont utilisées pour la vaporisation de l'eau et si elles sont toutes libérées par la condensation, étant donné que la chaleur de la vaporisation de l'eau, sous pression atmosphérique, entre 0 et 80°,

est environ de 575 calories-grammes, nous calculerons donc :

$3.000.000 : 575 = 5.217$ grs., soit 51.217 par mètre carré.

RENDEMENT MAXIMUM PRATIQUE

Ce rendement est évidemment assez éloigné du rendement théorique.

En effet, il y a un certain nombre de causes de perte :

- 1° Une réception défectueuse de l'énergie ;
- 2° Une absorption fort incomplète des radiations ;
- 3° Une émission incomplète par les parois noircies ;
- 4° Une mauvaise utilisation de la chaleur accumulée ;
- 5° Une perte par conductibilité, par rayonnement, contact avec l'air et convection le long des parois et de la vitre.

La réflexion de la lumière sur la vitre, la difficulté d'avoir un corps noir parfait, sont des pertes inévitables, mais relativement minimes.

Par contre, la mauvaise utilisation de la chaleur accumulée est susceptible d'amélioration, car c'est surtout une question de hauteur d'eau dans le bassin, ainsi que l'a montré M. BRAZIER, à Saint-Maur.

Si, pour une épaisseur de 25 millimètres, il obtient des quantités que nous chiffons 100, pour 19 millimètres, il obtient 106, pour 7 millimètres, il obtient 115.

Mais pour les grands châssis, il est difficile, pratiquement, de mettre moins de 1 cm. 1/2 comme l'a fait M. GINESTOUS à Ben Gardane.

Les pertes par convection, par conductibilité, sont dues à la nature des matériaux et au vent. Or, il n'y a pas d'isolant thermique parfait et c'est le vent qui est l'agent de réfrigération du distillateur.

Nous tournons donc dans un cercle vicieux. Ce qu'on peut faire, c'est d'établir des doubles parois, avec de l'air immobilisé par de la flanelle, de la plume, de la sciure, du liège ou du sable fin.

Pratiquement, le rendement ne dépasse pas 40 %, soit 2 l. 087, au lieu de 5 l. 217. On n'atteint jamais non plus

30 %, si ce n'est à titre expérimental, mais on peut obtenir *couramment* 20 à 30 %.

Voici maintenant les essais effectués par M. B. GUILMET à l'observatoire de Phu Liên, en 1931.

On utilisait deux châssis, l'un en bois, du type établi par le Docteur RICHARD et M. GINESTOUS et offert par la Société des Verreries d'Extrême-Orient, à Haïphong, l'autre, en ciment, construit au laboratoire, sur les plans de M. GUILMET.

Ce dernier était à doubles parois, l'intervalle étant comblé avec du sable fin. La vitre avait 0 m² 50, et il était établi sur deux murettes en briques.

Le châssis en bois donne un rendement légèrement supérieur au mètre carré, mais il est d'un entretien difficile et nécessite de fréquentes réparations sous un climat chaud et humide comme on en rencontre souvent aux colonies. Malgré tous les soins, l'humidité et la chaleur gondolent et disjoignent les plans ; l'étanchéité se perd et les frais augmentent rapidement le prix de revient, si l'on veut maintenir le châssis en état de fonctionnement. De plus, il y a perte de rendement à cause du temps consacré à ces réparations. Les joints de caoutchouc, s'il y en a, s'altèrent aussi très rapidement. D'où l'idée d'établir le châssis en ciment armé.

Le prix de revient de l'appareil est plus élevé, mais les frais ultérieurs sont à peu près nuls. Les rendements sont peu différents, dit M. GUILMET, ce qu'on n'aurait pas cru tout d'abord, et ils sont en moyenne supérieurs à ceux des châssis en bois, par suite de la continuité, quasi totale, dans laquelle peut fonctionner l'appareil.

Le plus difficile c'est assurément de trouver un enduit noir, mat, adhérent bien au ciment, et ne donnant pas de produit volatil pour une petite installation. Le mieux est encore d'utiliser l'encre noire ordinaire ou le ripolin mat, mais si l'on avait une grande installation à monter, M. GUILMET préconise le procédé coûteux, mais parfait, de la projection de noir de fumée au pistolet pneumatique.

Voici les résultats obtenus. Ils ne concernent d'ailleurs que le châssis en ciment qui, seul, a donné des distillations constantes.

	TOTAL	MOYENNE	EXTRÊMES	
		QUA.	MAXIMUM	MINIMUM
Janvier.	21,650	0,700	2,000	0,040
Février.	10,920	0,390	2,200	0,040
Mars.	12,370	0,400	2,400	0,040
Avril.	27,330	0,910	2,600	0,040
Mai.	51,780	1,670	2,800	0,240
Juin.	53,910	1,800	2,600	0,400
Juillet.	46,800	1,510	2,600	0,400
Août.	41,260	1,330	2,400	0,300
Septembre.	42,000	1,400	2,400	0,200
Octobre.	45,600	1,470	2,400	0,200
Novembre.	44,900	1,500	2,400	0,200
Décembre.	30,400	0,980	1,800	0,040
ANNÉE.	428,640	1,172	2,800	0,040

ce qui nous fait donc 430 litres par an, 1 litre 172 par jour en moyenne, donc un rendement d'au moins environ 25 %.

GRAPHIQUES

Voici maintenant la série de graphiques montrant les rapports entre la distillation et les différents facteurs météorologiques. Ils sont très instructifs, comme nous allons le voir bientôt.

1° Moyennes quotidiennes mensuelles des quantités d'eau distillée et par mètre carré.

2° Moyennes diurnes mensuelles de la radiation globale du soleil.

3° Moyennes diurnes mensuelles de la durée astronomique d'insolation.

4° Moyennes diurnes mensuelles de la durée effective d'insolation.

5° Moyennes diurnes mensuelles de la nébulosité totale.

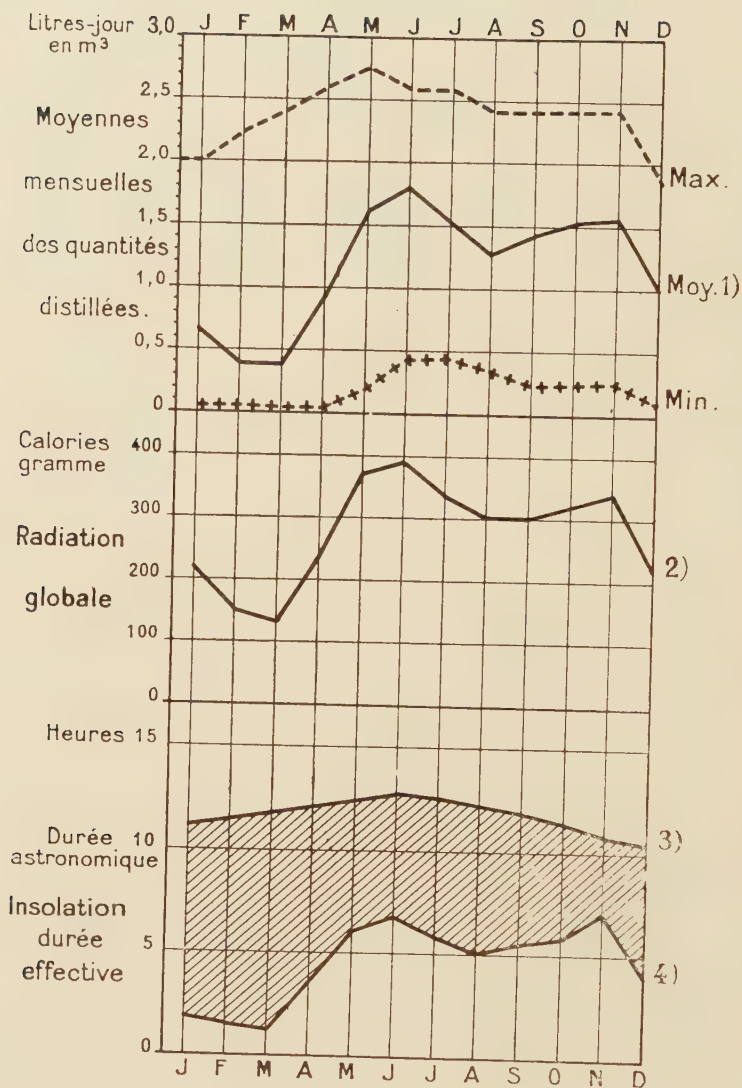
6° Moyennes diurnes mensuelles de la nébulosité inférieure.

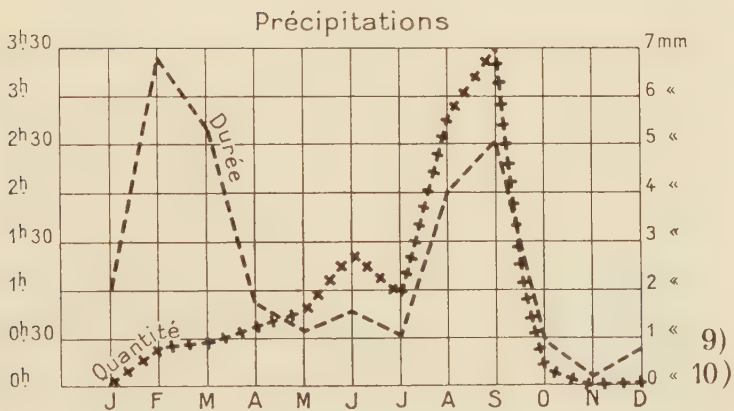
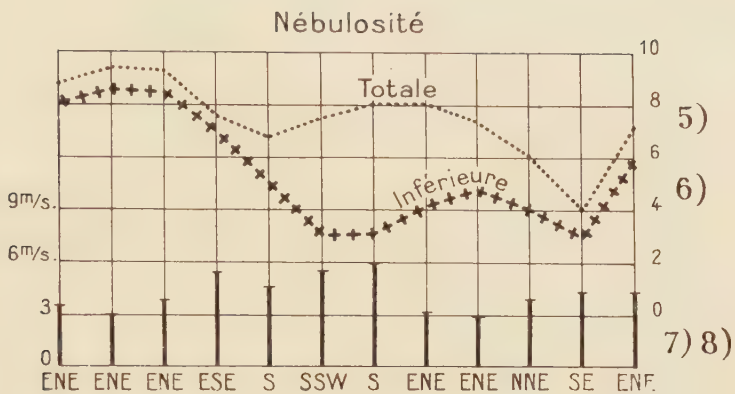
7° Direction dominante du vent.

8° Vitesse moyenne mensuelle du vent en mètre seconde.

9° Moyenne diurne mensuelle de la durée des chutes de pluie et de crachin.

10° Moyenne diurne mensuelle de la quantité des chutes de pluie et crachin.





On voit toute l'importance des climats.

En février et mars, le crachin nous donne un minimum de distillation. Le maximum est en juin.

A noter que cette année, il n'y a pas une seule journée pure en juin, juillet et août.

On remarquera évidemment le parallélisme manifeste de la distillation, de la radiation solaire globale et de l'insolation.

On remarquera aussi un petit minimum en août. Il correspond à un minimum d'insolation, dû à une forte nébulosité totale et inférieure, une diminution assez sensible de la vitesse du vent, tandis que la durée et la quantité des précipitations atmosphériques atteignent des valeurs très supérieures à celles des mois voisins. Par conséquent, les indications locales sont peu favorables à l'utilisation des châssis, à cause des précipitations atmosphériques et de la nébulosité. En somme, à Phu-Liên, en dépit de la latitude, on n'obtient pas des quantités d'eau distillée supérieures à celles que l'on peut obtenir en France.

Cependant, c'est là une ressource non négligeable, toujours très pratique et peu coûteuse, pour avoir sous la main, à tous moments, une réserve d'eau distillée.

Autres essais en Indochine. — D'autres essais ont été faits, au moins en trois endroits, en Indochine : d'une part au Tonkin, par la Société des Verreries d'Extrême-Orient à Haïphong, d'autre part, à Haïphong encore, par la Sous-Direction de l'Artillerie. Enfin, dans le Sud-Annam, par M. DUVAL, à Tourcham (Phanrang).

Les essais faits à Haïphong sont semblables à ceux de Phu Liên. Au contraire, à Tourcham, pour juillet et août, on a obtenu environ 3 l. 500 par mètre carré et par jour et la moyenne annuelle doit être supérieure à 2 l. 500. En effet, comme l'a montré le Docteur YERSIN, Inspecteur général des Instituts Pasteur d'Indochine, l'intensité de la radiation globale est de beaucoup supérieure dans le Sud-Annam à celle du Tonkin.

Voici les résultats obtenus à Nhatrang, qui se montre nettement plus propice que le delta Cochinchinois.

	Radiation solaire globale, cal. gramm	Insol.	Nébulosité 0 à 10		Vent		Pluie et nuages 6 h., à 18 h. mm.
		Durée effect. le 1/10	totale	inf.	dir.	ind.	
Janvier	378	5,5	6,3	3,8	NE, W	2,9	0,21
Février	568	9,8	3,9	2,2		3,1	trous
Mars	645	9,4	3,4	2,0	W	2,9	0,55
Avril	659	9,3	4,1	2,1	ENE	2,8	0,78
Mai	576	7,9	6,0	2,4	W	2,8	1,87
Juin	626	9,3	5,1	1,6	W	2,8	1,00
Juillet	611	8,1	5,5	1,5	SE	2,6	0,09
Août	480	5,3	7,3	"	W	2,0	0,12
Septembre ...	571	6,8	6,4	2,1	WSE	2,8	0,43
Octobre	319	2,6	9,5	5,1	W	2,3	2,04
Novembre ...	370	5,7	6,0	3,4	W	2,9	3,51
Décembre ...	368	5,7	6,4	4,4	W	3,4	1,45
Année	515	7,0	5,7	2,8	W	2,8	

En résumé, pour l'Indochine :

Le Tonkin et le Nord Annam ne sont pas favorables et on ne peut y envisager que des cas particuliers et l'utilisation d'un petit nombre d'appareils.

Le centre Annam est extrêmement favorable, surtout au centre de Kuang-Ngai (probablement deux litres de moyenne). Le Sud-Annam est vraiment la région de prédilection. Ces prévisions sont basées sur les observations climatologiques de : Nhatrang, Quinhon, Thachban, Padaran, Tourchan, Phantiêt. On peut, sans grande erreur, prédire 2 litres à 2 l. 500 de moyenne.

En Cochinchine et au Cambodge, la nébulosité est plus forte, mais la radiation solaire est intense et les heures d'insolation à peu près équivalentes à Saïgon et à Khatrang. On doit donc obtenir des quantités peu différentes.

Le Laos n'est certainement pas la région moins favo-

rable, mais l'on a trop peu d'observations météorologiques pour se lancer dans des prévisions.

M. GUILMET insiste, lui aussi, sur la portée pratique de cette méthode et de cet appareillage qui permet, pour un prix minimum d'obtenir une eau saine et sans goût et bonne à boire, et cela à partir de n'importe quelle eau qu'on peut avoir à sa disposition, que ce soit une eau de mare, une eau saumâtre, de l'eau de mer, de l'eau polluée boueuse : tout donne une eau douce, pure, *sans microbes*, qu'il suffira d'aérer convenablement pour la rendre potable et digestible.

Pour vérifier, précisément, les qualités microbiologiques de l'eau distillée, M. GUILMET a fait distiller, par beau temps, dans le châssis en ciment de l'observatoire de l'eau croupie et il a envoyé des analyses bactériologiques à l'Institut Pasteur de Hanoï, par l'intermédiaire du Docteur BODROS, Directeur du Bureau de l'Hygiène, à Haïphong.

Nous avons déjà fait mention de ces résultats et nous rappelons simplement que l'analyse de l'eau de mare montrait que cette dernière était considérablement polluée, tandis que l'eau distillée pouvait être qualifiée, au point de vue bactériologique, d' « eau de très bonne qualité ».

★★

En 1934, M. MAURAIN ayant réfléchi sur les difficultés secondaires de construction des châssis distillateurs et, en particulier, sur la difficulté d'avoir des châssis en bois ne se détériorant pas rapidement, a présenté, dans la *Revue de l'Office National des Recherches et Inventions*, un nouvel appareil, construit à l'Office et essayé par M. BRAZIER, à Saint-Maur, en avril 1933.

C'est une cuve en céramique, à couvercle indépendant en bois, où une vitre est enchâssée.

Avec la bienveillance du Docteur Le CHEVALLIER-CHEVIGNARD, cette cuve a été fabriquée à Sèvres. Elle a un rebord bien plan sur lequel vient s'appliquer le couvercle. La gouttière est en cuivre avec bec extérieur.

Des essais, faits avec des eaux contenant 100 gr. de

chlorure de magnésium, ont montré que cet appareil était bon, que son fonctionnement était normal et, les quantités distillées correspondent bien aux indications d'un actinomètre à distillation d'alcool de BELLANI.

Cet appareil est extrêmement résistant, donc convient bien pour résoudre le problème posé. Mais, le premier modèle effectué était à parois trop épaisses et son rendement n'était pas très bon. Il est, néanmoins, certain que l'on peut, là, beaucoup plus facilement que pour les châssis stables en ciment de M. GUILMET, remédier aux pertes dues à la masse de matériau utilisé, en faisant des cuves à parois plus minces.

Il ne faudrait pas croire que nous ayons épuisé le cycle des difficultés et des perfectionnements certains apportés aux châssis distillateurs. En effet, on a constaté récemment que, dans les régions désertiques du Sud-Tunisien, les vitres des châssis sont rapidement dépolies par le sable, ce qui diminue considérablement le rendement. Dans ce cas particulier, on sera peut-être amené à remplacer le verre par une feuille de métal peinte en noir et une légère diminution de pression à l'intérieur du châssis, mais c'est là un cas assez particulier et l'on pourrait peut-être envisager une protection relative contre les sables bas par une enceinte entourant l'installation toute entière à quelque distance.

Il est vraisemblable que tout n'est pas encore dit sur la question et que notre travail peut-être inspirera de nouveaux chercheurs dans la même voie, déjà si féconde.

CONCLUSIONS

Au terme de ce travail, nous pouvons donc dire que le rôle du soleil est primordial dans l'équilibre de la Vie à la surface de la terre et par conséquent dans la place accordée au monde si puissant des bactéries et des micro-organismes.

Comme tel, le soleil, source d'énergie des êtres vivants, constitue aussi la limite à leur développement et nous avons vu que l'action stérilisante du soleil est la base de l'état hygiénique des différentes régions du globe. Nous avons vu également, qu'en ce qui concerne l'hygiène directe du corps humain, ce rôle paraissait un peu secondaire à côté des modifications physico-chimiques apportées directement à l'organisme humain et dont certaines ont pour effet de combattre les toxines microbiennes.

Comme application, nous avons rappelé les innombrables travaux faits dans le domaine de l'héliothérapie et de la climatologie, travaux dans lesquels existe une place petite, mais certaine, à l'utilisation du soleil comme agent véritablement stérilisant.

Beaucoup des applications climatologiques ont pour but d'ailleurs de faire bénéficier les malades de la vie dans des régions où le soleil est particulièrement bactéricide, ce qui les rend remarquablement saines ; telle, la cure d'altitude.

Nous n'oublierons pas de rendre hommage à l'utilisation personnelle du soleil par la pratique de la vie en plein air et, tout particulièrement, du nudisme, mais d'un nudisme judicieux et sincère.

Mais, nous avons trouvé un chapitre, un peu inattendu et extrêmement important, dans des applications déjà anciennes, mais qui ont pris plus récemment un grand

développement, à propos de la stérilisation des eaux de boisson ; stérilisation accompagnée de purification chimique, qui s'effectue dans des appareils distillateurs, du type des châssis WILSON, utilisant au mieux et à tous les points de vue l'action du soleil.

De tels appareils ont déjà fourni actuellement des installations en grand, et, bien que les applications suscitent toujours des questions de détail qui fourniront encore aux chercheurs maintes améliorations intéressantes, on peut considérer que nous avons là une arme extrêmement précieuse pour établir des bases hygiéniques solides dans toutes les agglomérations humaines des pays chauds et difficilement habitables.

Nous insistons sur le fait que cette purification des eaux, jointe à une meilleure utilisation du soleil dans les villes (par des procédés, comme l'Arthel) permet d'améliorer nettement les conditions de vie de l'homme dans certaines régions tempérées, où le soleil ne joue pas un rôle aussi favorable que dans les régions très chaudes ou très froides sur le monde microbien.

Vu :
LE DOYEN,
ROUSSY.

Vu :
LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE
TANON.

Vu et permis d'imprimer :
LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,
S. CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN. — The utilisation of solar energy. (*An. Rep. Smith-son* 1915, Washington 1916). pp. 145-166, 6 planches.
- BIANCANI (E. de H.). — Les rayons ultra-violets. (Gauthier Villars.)
- BRAZIER (C.-E.). — Observations actinométriques de l'observatoire du parc Saint-Maur. (*Annales de l'Université de Physique du Globe*, de Paris), 1927-1928-1929.
- Distillation de l'eau par la chaleur solaire dans les appareils fixes à couvercle de verre. (*Recherches et Inventions*, n° 173, janvier et février 1929, page 20.)
- DAUSSET (Henri). — L'héliothérapie. (Gauthier-Villars 1932.)
- DELLILE (Armand). — L'hygiène et la prévention pédiatriques solaires.
- Le rachitisme.
- DOWNES. — Action of in lighy in micro-organisms. (*Proc. Roy. Soc.* 1886, 17-14.)
- DUCLAUX. — Etude sur l'action solaire. (*Annales de l'Institut de Pathologie et de Bactériologie de Bucarest*, 1896, page 129.)
- L'action de la lumière sur les microbes. (*Revue Scientifique*, 1887, page 161.)
- Action de la lumière sur les microbes. (*Annales Institut Pasteur*, 1890.)
- FERNET-FAIVRE-DUPAIGRE. — Cours de physique.
- FINSEN. — La photothérapie. (*Presse Médicale* 1898.)
- FOUGERAT DE DAVID DE LASTOURS. — L'homme et la lumière. (*Thèse Paris*, 1925.)
- Hygiène, nudité, soleil aux colonies. Préface de M. le Professeur TANON (Vigot, 1931).
- GANOT-MANEUVRIER. — Cours élémentaire de physique.
- GINESTOUS. — Epuration de l'eau par la chaleur solaire (Congrès de l'eau, Alger 1928). (Direction nationale des Travaux Publics, à Tunis, 1928.)
- Purification de l'eau par la chaleur solaire (*Revue Agricole de l'Afrique du Nord*, 1928), 7, bd Baudin, à Alger, 11 pages, 5 fig.

- GINESTOUS (G.). — L'épuration de l'eau par la chaleur solaire. (Résultats obtenus en 1928. Extrait du *Bulletin de la Direction Générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation*, Tunis, 1^{er} trimestre 1929, n° 132, pages 1 à 29, 10 figures.)
- L'épuration des eaux par la chaleur solaire. (Conférence de M. G. Ginestous, faite le 15 mai 1929; extrait de *La Tunisie Agricole*, juin 1929, n° 6, nouvelle série. Direction Générale des Travaux Publics, Tunis, pages 1 à 23, 16 figures.)
 - L'épurateur solaire familial. (Service météorologique, Direction Nationale des Travaux Publics, de septembre 1929, Tunis, pages 1 à 14, 2 fig., planches 1 à 9.)
 - Epuration de l'eau par la chaleur solaire (*Recherches et Inventions*), septembre 1929, 10^e année, n° 180, pages 225 à 230, 7 fig.
- GORCZYNSKI. — Solar radiation measurements taken on board différents ships over the atlantic and indian ocean. (Extraits du *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres*.)
- Highest intensity values of solar radiation observed over ocean surfaces and in other regions of the earth. (Extrait du *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres*, 1930.)
- GUILLAUME (A.-C.). — Les radiations lumineuses. (Masson.)
- GUILMET (B.). — La distillation de l'eau par la chaleur solaire. (*Bulletin général de l'Instruction Publique*, 12^e année, n° 4, décembre 1932, pages 67 à 85, 3 graphiques, 2 figures.)
- HARDING (J.). — Apparatus for solar distillation. (*Proc. Inst. of Civil Engineers*), vol. 73, 1882-1883. Part. III. London 1883, 7 pages et fig.
- JAUSION (H.) et PAGES (F.). — Les maladies de la lumière (1933).
- LUMIÈRE (Gustave). — La physiologie solaire. (Léon Sézanne, 1934.)
- MAURAIN (Ch.). — Sur l'utilisation de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions* ns 137), 1^{er} juin 1926, p. 286-293.
- Essais d'un appareil pour la distillation de l'eau par l'action de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions*, 15^e année, n° 240, septembre 1934, pages 249 à 250, 2 fig.)
 - Sur la distillation de l'eau par l'action du rayonnement solaire. (*La Météorologie Agricole*, page 223.)

- MAURAIN et BRAZIER. — Dispositif simple et expériences relatifs à la distillation de l'eau par l'action de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions*, n° 154), juin 1927.
- OFFICE NATIONAL DE RECHERCHES ET INVENTIONS. — Rapport sur le concours relatif à la distillation des eaux par l'action de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions*), juin 1927, n° 154, page 205.
- 2° rapport sur le concours relatif à la distillation des eaux par l'action de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions* n° 181, octobre 1929, page 272.)
- ONIMUS (Henri). — De l'action de la lumière sur les microbes. (*Eturde Clinique*), Paris 1889.
- PASTEUR (Doct. F.). — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 2 juillet 1898 (*Miroir*).
- *Bulletin de l'Office National de Recherches en Inventions*, juin 1927.
- Etude du rendement des couples thermo-électriques chauffés par la radiation solaire, 18 juin 1928.
- Utilisation de la radiation solaire au moyen d'un miroir parabolique. (*L'Illustration*, 1928.)
- La radiation solaire (dans la revue *Je sais tout*, août 1928).
- Mémoire de missions à Colomb-Béchar, mars-avril 1930.
- Mémoire de missions à Colomb-Béchar, mai 1931.
- Utilisation de la chaleur solaire dans l'Afrique Française, septembre 1931.
- Utilisation de la chaleur solaire. (*Revue du Génie Militaire*, janvier-février 1932, pages 29 à 53, 5 fig., pl. II.)
- L'eau chaude sans combustible, (dans *Je sais tout*, février 1932, pages 577 à 578).
- L'eau potable dans les postes africains. (*Bulletin du Comité de l'Afrique Française*, n° 1, de 1932, pages 16 à 23, 13 fig.)
- PHILIBERT (Docteur). — *Précis de bactériologie médicale*.
- PIERY. — *Traité de Climatologie et Biologie Médicales* (Masson 1935).
- POULLAIN et GINESTOUS. — (*Recherches et Inventions*), n° 154, juin 1927, page 205.
- REGNAULT (Docteur). — Radiations et biodynamique. (*Hippocrate*, septembre 1935.)

RICHARD (Docteur J.). — Sur la distillation des eaux salées au moyen de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions* n° 160), décembre 1927, page 174.

— Distillation de l'eau par la chaleur solaire. (*La Nature*, n° 2.804, 1^{er} mars 1929, pages 196 à 203, 6 fig.)

— Sur un procédé pour extraire l'eau douce des eaux salées ou polluées de toutes les substances aqueuses et même de l'atmosphère, au moyen de la chaleur solaire. (*Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, n° 535, du 5 avril 1929, pages 1 à 37, 7 figures.)

— Extraction de l'eau douce des eaux salées et de toutes substances aqueuses, au moyen de la chaleur solaire. (*Recherches et Inventions*, n° 173, janvier-février 1929, page 18.)

RICHET (Ch.). — *Dictionnaire de physiologie*, tome X. (Alcan, 1928.)

RIVIER. — La cure de soleil à travers les âges. (*Presse Médicale*, novembre 1913.)

ROGER-LARDAT. — (*La Nature*, 15 décembre 1928, n° 2.799).

ROLLIER (A.). — *La cure de soleil*. (Baillière 1936.)

SAIDMAN (J.). — *Les rayons ultra-violets*. (Doin.)

SOLIGNAC (G.). — Etude sur la photo-sensibilisation des bactéries. (*Revue d'actinologie*, septembre-octobre 1929.)

TANON (Professeur). — *Traité d'hygiène*.

TABLE DES MATIERES

PRÉFACE	11
---------------	----

PREMIERE PARTIE

HYGIÈNE ET THÉRAPEUTIQUE PAR STÉRILISATION SOLAIRE.	13
CHAPITRE PREMIER. — Les données de laboratoire sur l'action bactéricide du Soleil.....	14
CHAPITRE II. — Rôle du Soleil dans l'hygiène humaine	19
CHAPITRE III. — Action du Soleil sur le corps humain en tant qu'agent stérilisant.....	27
CHAPITRE IV. — Conditions d'insolation de différentes parties du globe en vue d'utilisation pratique..	35
CHAPITRE V. — Applications dérivées utilisant les lu- mières artificielles.....	39

DEUXIEME PARTIE

L'EAU POTABLE PAR LE SOLEIL.....	51
CHAPITRE PREMIER. — Premières réalisations.....	51
CHAPITRE II. — Différents systèmes proposés autres que les châssis WILSON.....	57
CHAPITRE III. — Recherches récentes sur les châssis distillateurs	63
CHAPITRE IV. — Installations et applications actuelles dans les colonies françaises.....	87
CONCLUSIONS	107
BIBLIOGRAPHIE	110



IMPRIMERIE SPÉCIALE
DE
MM. VIGOT Frères



132

